

地域地質研究報告  
5万分の1地質図幅  
東京(8)第77号  
NI-54-19-12

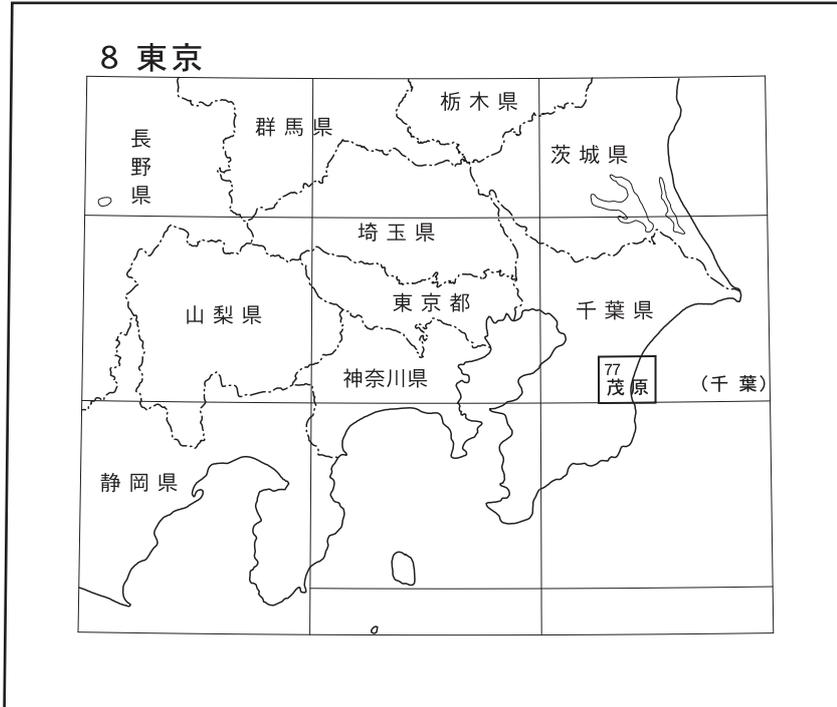
## 茂原地域の地質

七山 太・中里裕臣・大井信三・中島 礼

平成 28 年

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
地質調査総合センター

位置図



( ) は1:200,000図幅名

5万分の1地質図幅索引図  
Index of the Geological Map of Japan 1:50,000

千葉 Chiba 1:75,000 (1935)

銚子 Chōshi 1:75,000 (1926)

8-65 千葉 Chiba NI-54-19-15 (未刊行, unpublished)	8-66 東金 Togane NI-54-19-11 (未刊行, unpublished)	8-67 木戸 Kido NI-54-19-7 (未刊行, unpublished)
8-76 姉崎 Anesaki NI-54-19-16 (1984)	8-77 茂原 Mobara NI-54-19-12 (2016)	
8-86 大多喜 Otaki NI-54-20-13 (未刊行, unpublished)	1:75,000 (1937) 8-87 上総大原 Kazusa-Ohara NI-54-20-9 (未刊行, unpublished)	

# 茂原地域の地質

七山 太\*・中里裕臣\*\*・大井信三\*\*\*・中島 礼\*

地質調査総合センターは、明治15年(1882年)にその前身の地質調査所が創設されて以来、国土の地球科学的実態を解明するための調査研究を行い、様々な縮尺の地質図を作成・出版してきた。そのなかで5万分の1地質図幅は、自らの地質調査に基づく最も詳細な地質図の1つであり、基本的な地質情報が網羅されている。

茂原地域の地質は、陸地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たものである。現地調査と地質図作成にあたっては、以下の通り分担し、全体のとりまとめは七山と中島が担当した。地形については大井及び七山、上総層群については七山・中里及び中島、下総層群については大井・七山・中島及び中里、新期関東ローム層及び新期段丘堆積物については大井及び七山、沖積層については中島・大井及び七山が担当した。

野外調査に際しては、各市町村発行の1/2,500、1/5,000ないし1/10,000地形図、及び国土地理院発行の1/25,000地形図を適宜拡大して用いた。茂原地域の地質のとりまとめにあたっては、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かにするよう努めた。また、地層の傾斜が0～5°と極めて緩いことから、これら各地層及びテフラ鍵層の走向線を描いて、全体の地質構造を明らかにした。茂原地域から多産する貝化石や微化石等の記載にあたっては、これまでの豊富な研究成果をレビューして総括した。ただし、現在の上総層群の露出状況は極めて不良であり、1/25,000のスケールでオリジナルな調査を実施することすら困難な状況となっている。そこで、地質図作成に関しては、1/15,000日本油田・ガス田図10「茂原」、隣接する1/50,000地質図幅姉崎地域及びこれらの作成当時の資料を利用しつつ、東金～木更津間の圏央道(首都圏中央連絡自動車道)工事等で得られた新たな現地情報を加味し、より完成度の高い図幅の作成を目指した。

なお、本研究の遂行及びとりまとめに際しては、次の方々からご協力をいただいた。東日本高速道路株式会社(NEXCO 東日本) 関東支店木更津道路事務所には、圏央道東金～木更津工事期間中、工事露頭の立ち入り調査を許可していただいた。国土地理院応用地理部防災地理課には、土地条件図「茂原」に関するGISデータの使用を許可していただいた。千葉県立中央博物館の岡崎浩子博士には、調査開始にあたって、地域に関わる有益情報をご提供いただいた。

千葉県立中央博物館の高橋直樹博士、静岡聖光学院の佐藤弘幸氏、信州大学教育学系の竹下欣宏博士、茨城大学理学部の岡田 誠博士には、テフラ試料採取にあたって、情報を教えていただいた。

鹿児島大学文学部の森脇 広教授には、九十九里浜平野の地形発達史と茂原周辺の段丘地形について、ご教授いただいた。千葉県環境研究センターの風岡 修博士には、東浪見地域の沖積ボーリングの資試料を、茂原市役所の古川孝衛氏には、茂原低地のボーリング資試料を、ご提供いただいた。茂原市立美術館・郷土資料館学芸員の津田芳男氏には、茂原低地の化石の産出情報をご教授いただいた。群馬県立自然史博物館学芸員の木村敏之博士にはクジラ化石の同定を、千葉県立中央博物館学芸員の伊左治鎮司博士ならびに加藤久佳博士には貝化石試料のご提供を、東京大学大気海洋研究所の清家弘治博士には生痕化石同定をお願いした。

長南町郷土資料館学芸員の風間俊人氏には、長生地域の考古学資料をご提供いただき、縄文時代の九十九里浜低地の発達史についてご教授いただいた。元筑波大学の池田 宏博士ならびに公益財団法人自然保護助成基金の目代邦康博士には、茂原地域の地形調査に献身的にご協力いただいた。千葉県、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、睦沢町、一宮町、長生村からは、地形図やボーリング資料等各種資料を提供していただいた。

産業技術総合研究所の小玉喜三郎名誉顧問、島根大学名誉教授(元工業技術院地質調査所職員)の三梨 昂博士からは、茂原地域の地質に関わる資料をご提供いただくとともに、本報告執筆にあたり種々のご意見をいただいた。

以上の皆様に、著者一同、厚くお礼を申しあげる次第である。

なお、本報告に付属する地質図に用いた記号群及び凡例表示にはJIS A 0204:2012を適用し、そのうち地層界線や断層線などの地質学的属性境界の標示は、「存在確実度特定・位置正確度不特定」とした。

(平成26年度稿)

---

所 属

\* 地質情報研究部門

\*\* 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所(平成23～26年度 地質情報研究部門客員研究員)

\*\*\* 地質情報研究部門客員研究員(元国土交通省国土地理院)

Keywords : geological map, Mobarra, Boso, Kazusa Hills, Shimosa Uplands, Kujukurihama Beach, Ichinomiya-gawa, Shimosa Group, Kazusa Group, Kanto Loam, terrace, Alluvium, marker bed, tephra, turbidite, fault, sequence stratigraphy, Pleistocene, Holocene

## 目 次

第1章 地 形	1
1.1 丘陵	4
1.2 台地及び段丘	4
1.3 低地	4
1.3.1 一宮川低地	4
1.3.2 埴生川低地	4
1.3.3 茂原低地（九十九里浜低地）	5
1.4 海岸	5
第2章 地質概説	6
2.1 上総層群	6
2.1.1 大田代層	6
2.1.2 梅ヶ瀬層	6
2.1.3 国本層	8
2.1.4 柿ノ木台層	8
2.1.5 長南層	8
2.1.6 笠森層	8
2.1.7 金剛地層	8
2.2 下総層群	9
2.2.1 地藏堂層	9
2.2.2 木下層	9
2.2.3 姉崎層	9
2.2.4 常総粘土	9
2.3 新期関東ローム層及び新期段丘堆積物	9
2.3.1 市原Ⅱ段丘堆積物	9
2.3.2 南総Ⅰ段丘堆積物	9
2.3.3 吉附段丘堆積物	10
2.4 沖積層	10
2.4.1 沖積谷埋堆積物	10
2.4.2 沖積表層堆積物	10
第3章 上総層群	11
3.1 上総層群の定義	11
3.2 大田代層	11
3.3 梅ヶ瀬層	13
3.4 国本層	18
3.5 柿ノ木台層	22
3.6 長南層	24
3.7 笠森層	25

3. 7. 1 国府里砂部層	30
3. 8 金剛地層	32
第4章 下総層群	34
4. 1 地藏堂層	34
4. 2 木下層	35
4. 3 姉崎層	36
4. 4 常総粘土	37
第5章 新期関東ローム層及び新期段丘堆積物	39
5. 1 新期関東ローム層	39
5. 2 市原Ⅱ段丘堆積物	39
5. 3 南総Ⅰ段丘堆積物	42
5. 4 吉附段丘堆積物	42
第6章 沖積層	44
6. 1 研究史及び概要	44
6. 2 沖積谷埋堆積物	45
6. 3 茂原低地の沖積表層堆積物	50
6. 4 一宮川・埴生川低地及び丘陵部の小河川流域の沖積表層堆積物	52
6. 5 現世の海浜及び砂丘堆積物, 盛り土及び人工堆積物	52
第7章 地殻変動と地質構造	54
7. 1 地殻変動	54
7. 2 テフラ走向線図からみた地質構造	55
7. 3 上総層群に卓越する正断層群	59
第8章 資源地質	61
8. 1 天然ガス・ヨード	61
8. 2 温泉	65
8. 3 地下水	65
8. 4 山砂	65
8. 5 砂鉄	65
第9章 応用地質	66
9. 1 地下水汲み上げによる地盤沈下災害	66
9. 2 地震・津波災害	67
9. 3 洪水災害	69
9. 4 九十九里浜の海岸侵食	71
第10章 上総層群上～中部層準のテフラカタログ	73
10. 1 野外調査と試料採取	73
10. 2 分析方法	73
文献	89
付 図	96-97
Abstract	98

## 図・表・図版目次

第 1. 1 図	茂原地域周辺の地形陰影図	1
第 1. 2 図	茂原地域の地形陰影図	2
第 1. 3 図	茂原地域の地形分類図	3
第 1. 4 図	茂原低地の風景	3
第 2. 1 図	茂原地域の模式層序	7
第 2. 2 図	圏央道工事によって露出した上総層群笠森層の露頭	8
第 3. 1 図	房総半島における上総層群分布図と等深線図	12
第 3. 2 図	房総半島東部の上総層群の年代層序	13
第 3. 3 図	茂原地域における上総層群のルート柱状図	14
第 3. 4 図	大田代層及び梅ヶ瀬層の層序総括図	15
第 3. 5 図	大田代層の泥勝ち砂泥互層	16
第 3. 6 図	梅ヶ瀬層の砂泥互層	16
第 3. 7 図	国本層の層序総括図	19
第 3. 8 図	国本層上部 Ku0.9 層準の厚層砂層と泥勝ち互層の複互層	19
第 3. 9 図	国本層上部の厚層砂層中のチャンネル構造及び充填堆積物	19
第 3.10 図	国本層の主要テフラの露頭写真	20
第 3.11 図	国本層の泥岩層中における巻貝化石 <i>Volutopsius hirasei</i> の産状	21
第 3.12 図	柿ノ木台層及び長南層の層序総括図	22
第 3.13 図	柿ノ木台層の砂質泥岩層及び Ka1 テフラの層相	23
第 3.14 図	柿ノ木台層の砂質泥岩層中の二枚貝化石 <i>Limopsis uwadokoi</i> の産状	23
第 3.15 図	圏央道工事現場に出現した長南層の砂勝ち砂泥互層	24
第 3.16 図	長南層上部のスランプ堆積物	24
第 3.17 図	長南層中に認められるハイパーピクナル流で生じた砂層	25
第 3.18 図	笠森層及び金剛地層の層序総括図	26
第 3.19 図	笠森層上部の大露頭	27
第 3.20 図	笠森層からみられる生痕化石の産状	28
第 3.21 図	笠森層中に認められる広域テフラの産状	29
第 3.22 図	笠森層 Ks12 層準で見つかった化学合成群集の露頭	31
第 3.23 図	国府里砂部層の大露頭	31
第 3.24 図	金剛地層の堆積柱状図	32
第 3.25 図	金剛地層下部で認められるハンモック状斜交層理	32
第 3.26 図	金剛地層の砂質泥層における生痕化石 <i>Rosselia socialis</i> の密集産状	33
第 4. 1 図	下総層群の主要なテフラ鍵層の層位及び海洋酸素同位体ステージ (MIS) との対比	34
第 4. 2 図	地藏堂層下部に挟在される J1 テフラ	35
第 4. 3 図	下総層群木下層の堆積柱状図	36
第 4. 4 図	木下層の露頭写真	38
第 4. 5 図	茂原市大沢の工事現場で観察された常総粘土	38

第 5. 1 図	茂原地域の段丘編年図	40
第 5. 2 図	図幅内の段丘堆積物の模式柱状図	41
第 5. 3 図	立川ローム層下部の始良 Tn テフラの産状	42
第 5. 4 図	南総 I 段丘堆積物の産状	42
第 5. 5 図	吉附段丘堆積物の産状	43
第 5. 6 図	吉附段丘堆積物のシルト層を覆う褐色火山灰層	43
第 6. 1 図	長生村藪塚におけるボーリング柱状図 (H-19 孔)	45
第 6. 2 図	沖積層の基底面等高線図	46
第 6. 3 図	本図幅内に分布する完新世の地形面と検討したボーリングコアの位置図と測線	47
第 6. 4 図	茂原低地の東西断面におけるボーリング柱状図	48
第 6. 5 図	茂原低地の南北断面におけるボーリング柱状図	48
第 6. 6 図	上市場面を構成する泥質砂層	49
第 6. 7 図	沖積層の砂層にみられる貝化石密集層	49
第 6. 8 図	森脇 (1979) による九十九里浜平野における浜堤列の発達史	51
第 6. 9 図	茂原市本納と睦沢町川島のボーリング柱状図	51
第 6.10 図	「古長生湾」沿岸の縄文土器出土遺跡位置図	53
第 6.11 図	上市場面を構成する沖積層の露頭柱状図	53
第 7. 1 図	房総半島のテクトニックマップと 1923 年大正関東地震 (M7.9) と 1703 年元禄関東地震 (M8.2) による隆起量と津波高	54
第 7. 2 図	茂原地域の上総層群のテフラ鍵層走向線図及び断層分布図	56-57
第 7. 3 図	茂原地域の上総層群笠森層のテフラ走向線図	58
第 7. 4 図	上総層群に認められる正断層の産状	59
第 7. 5 図	逆解析法による応力場解析結果	60
第 8. 1 図	千葉県全体の天然ガスかん水揚水量, 還元量, 天然ガス生産量の経年変化	61
第 8. 2 図	茂原ガス田の位置, ガス水比及び断層分布図	62
第 8. 3 図	水溶性天然ガスの生産井	62
第 8. 4 図	電気検層による坑井層序の広域対比	62
第 8. 5 図	九十九里浜地域における検層対比図	63
第 8. 6 図	西門橋の河床に露出する梅ヶ瀬層からのガスの噴出	64
第 8. 7 図	自家用天然ガス採取井戸	64
第 8. 8 図	いすみ市須賀谷の水田における上ガス噴出	64
第 8. 9 図	茂原地域にある大規模採砂場	65
第 9. 1 図	茂原地域内の 1968 年以降の経年累積沈降量	66
第 9. 2 図	相模トラフ沿いにある 2 つの歴史地震の震源位置と関東周辺 of テクトニックセッティング	67
第 9. 3 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	68
第 9. 4 図	白子自然公園にある“チリー津波の碑”	69
第 9. 5 図	一宮川河口付近の堆砂現象図	70
第 9. 6 図	一宮川河口付近でみられるワンドと旧河川跡	70
第 9. 7 図	1903 年と 1931 年の間に起こった一宮川の河口偏倚	71
第 9. 8 図	長生村一松海岸における海岸侵食の状況	71

第 9. 9 図	1947 年と 2010 年の一宮海岸の汀線位置の変化	72
第 10.1 図	テフラ分析試料採集位置図	77
第 10.2 図	テフラ分析試料採集位置図	78-79
第 10.3 図	記載したテフラの柱状図と分析層準	80-85
第 3. 1 表	茂原地域の上総層群から産出した貝化石	17
第 4. 1 表	木下層から産出した貝化石リスト	37
第 4. 2 表	茂原地域に分布する木下層と常総粘土の主なテフラの特徴	37
第 5. 1 表	新期段丘堆積物及び新期関東ローム層の主なテフラの特徴	41
第 5. 2 表	睦沢町長楽寺の始良 Tn テフラに含まれる火山ガラスの化学組成	41
第 6. 1 表	沖積層に含まれる試料の放射性炭素年代測定結果	49
第 6. 2 表	沖積層の主なテフラの特徴	49
第 6. 3 表	茂原地域の沖積層から産出した貝化石	50
第 10.1 表	上総層群のテフラの組成に関する記載総括表	74-75
第 10.2 表	茂原地域以外からの試料採集地点の位置	76
第 10.3 表	地藏堂層及び笠森層テフラの火山ガラス及び角閃石の主成分化学組成	86
第 10.4 表	長南層テフラの火山ガラスの主成分化学組成	86
第 10.5 表	柿ノ木台層テフラの火山ガラスの主成分化学組成	87
第 10.6 表	国本層テフラの火山ガラスの主成分化学組成	87
第 10.7 表	梅ヶ瀬層テフラの火山ガラスの主成分化学組成	88
第 10.8 表	大田代層テフラの火山ガラスの主成分化学組成	88
付図	化石の産地露頭位置図	96-97
Figure 1	Stratigraphic summary of the Mobarā district	101

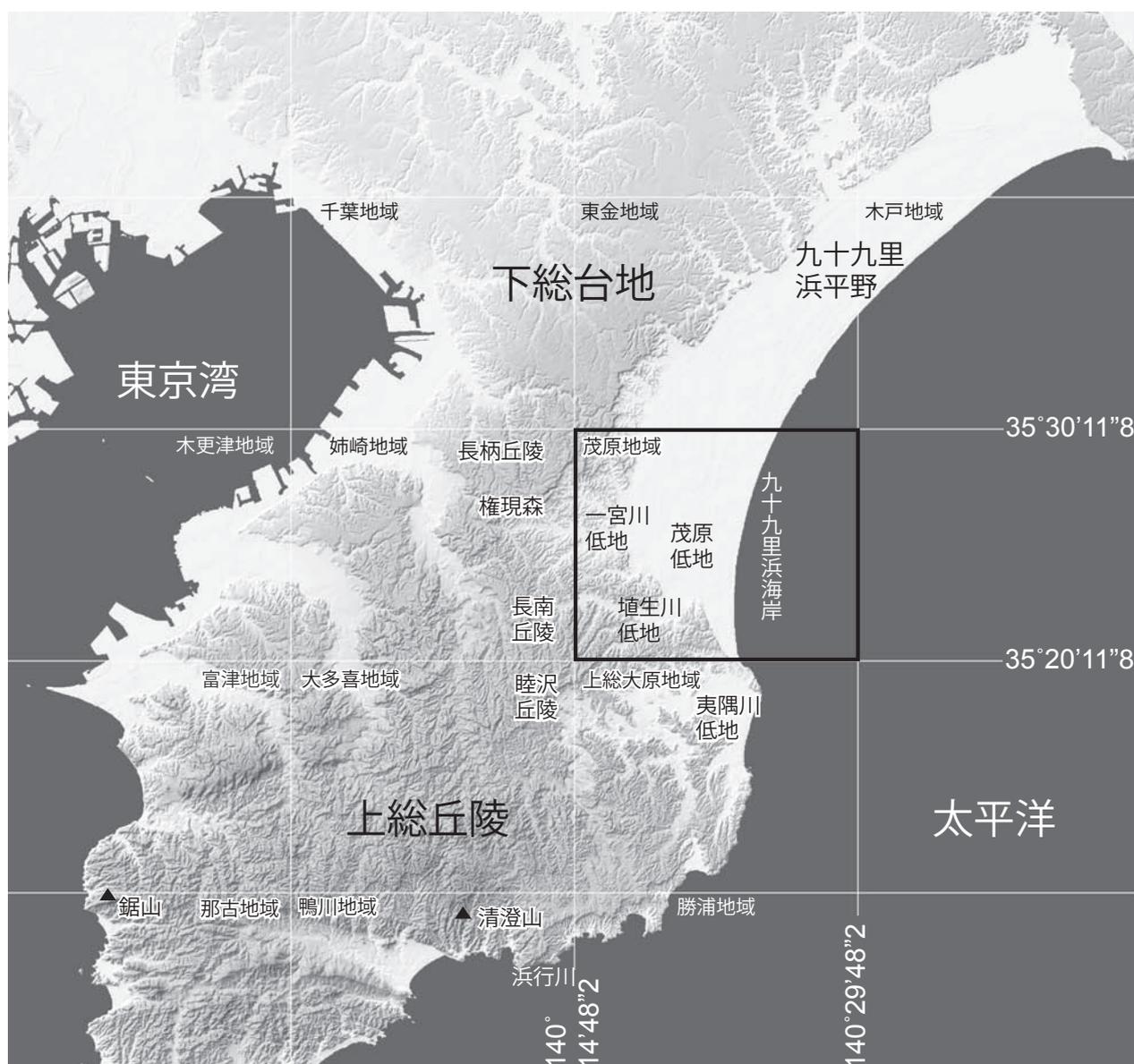
## 第1章 地 形

(大井信三・七山 太)

茂原地域は、千葉県房総半島中東部に位置し、北緯  $35^{\circ}20' - 35^{\circ}30'$ 、東経  $140^{\circ}15' - 140^{\circ}30'$ ；日本測地系（北緯  $35^{\circ}20'11''8 - 35^{\circ}30'11''8$ 、東経  $140^{\circ}14'48''2 - 140^{\circ}29'48''2$ ；世界測地系）の範囲に相当する。茂原地域の東部は九十九里浜海岸を介し太平洋に直接面している（第1.1図）。茂原地域の全域が千葉県に属し、茂原市、

千葉市、市原市、大網白里市、いすみ市、<sup>ちようせい</sup>長生郡<sup>ちようなん</sup>長南町、<sup>ながら</sup>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る。

この地域の地形は大きく丘陵、台地・段丘及び低地、海岸に区分される。丘陵は本図幅の西域を占め、<sup>かずさ</sup>上総丘陵の北東部にあたる。台地は、図幅の北西端部に下総台



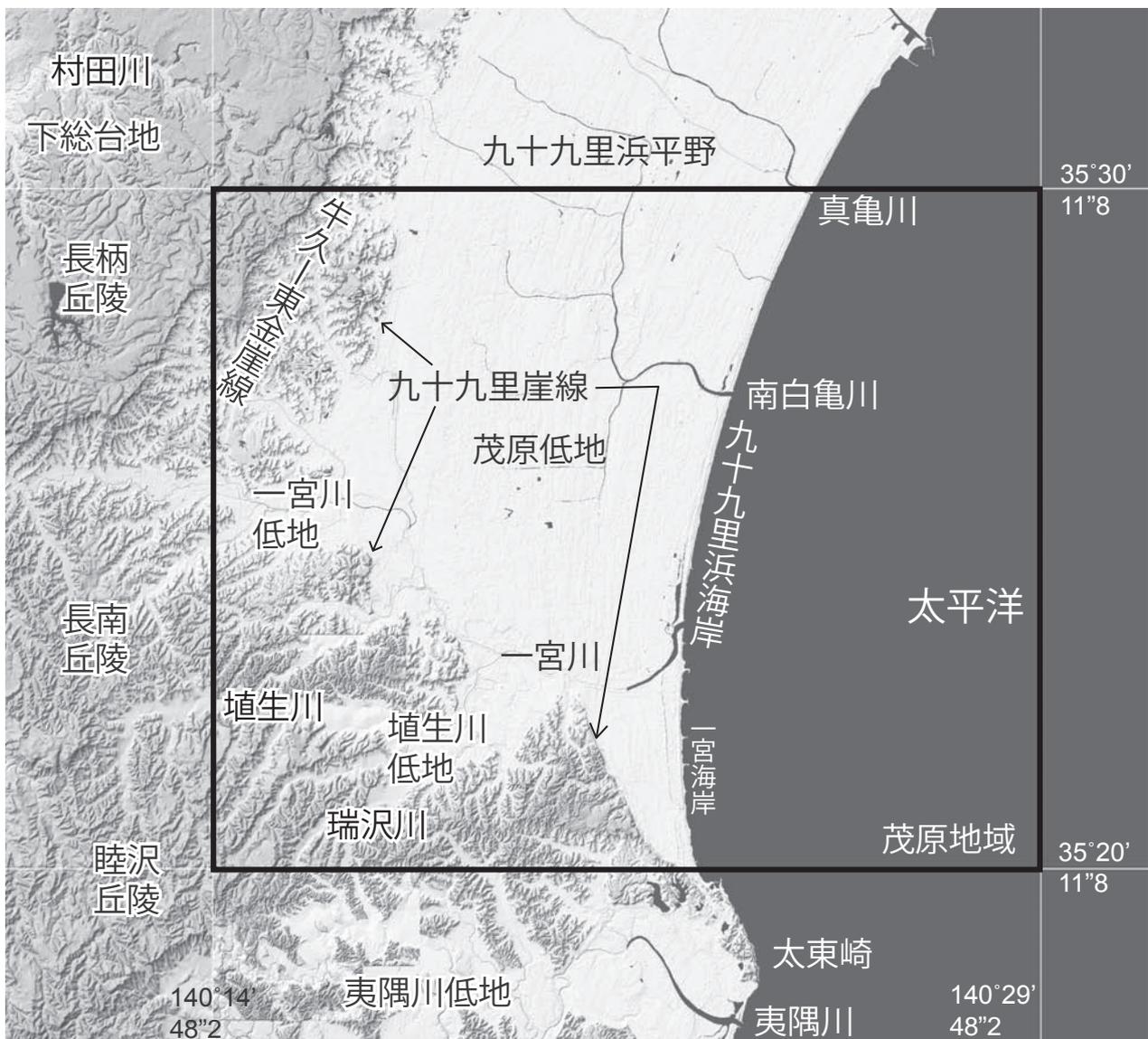
第1.1図 茂原地域周辺の地形陰影図  
 国土地理院発行数値地図50mメッシュ（標高）日本-IIを使用。

地の南東端が位置している。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る。この分水界は牛久-東金崖線と呼ばれる急崖をなし、市原市牛久近辺から東金市までほぼ北東-南西の走向を持って連続している（第1.2図）。

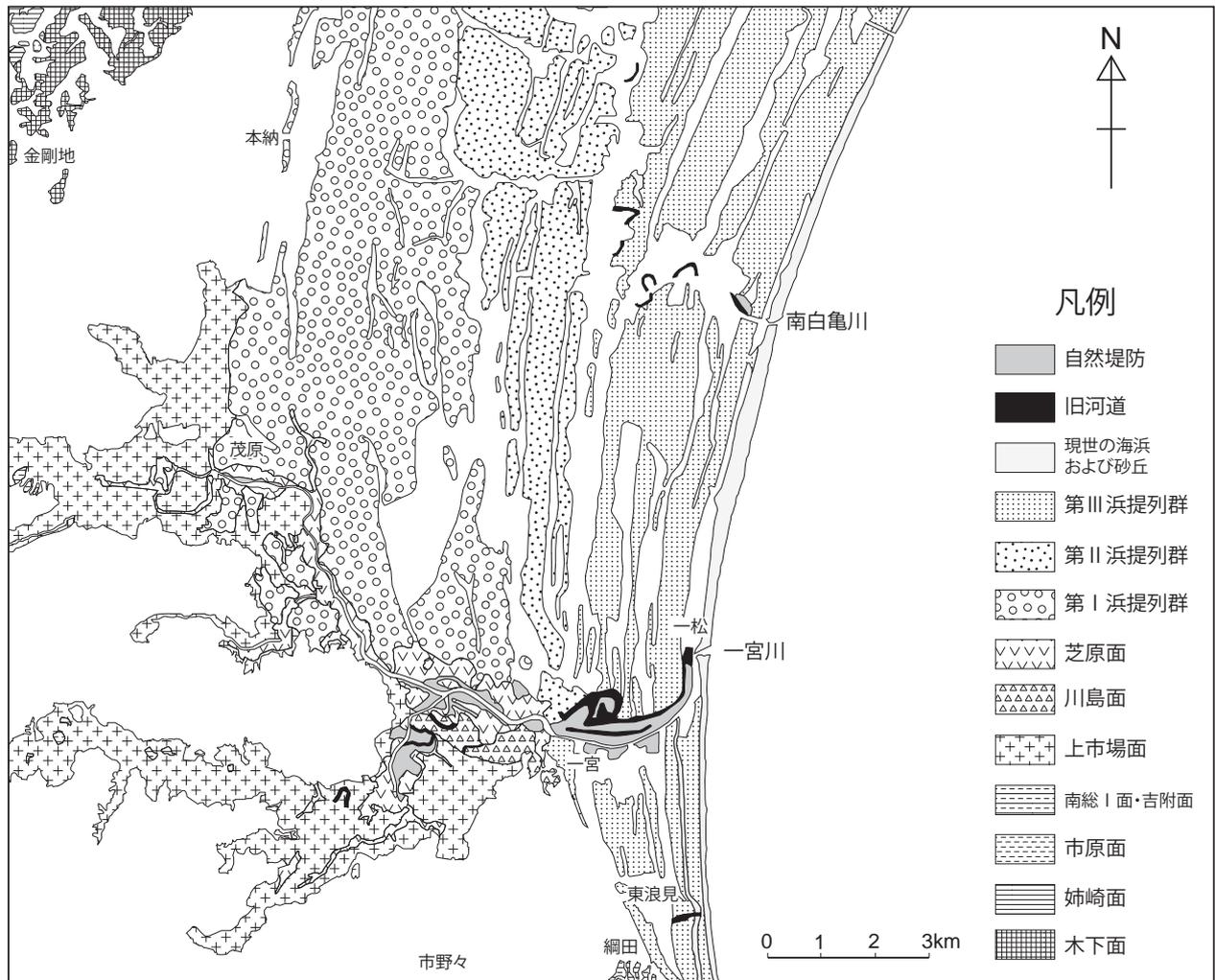
茂原地域内に分布する台地・段丘は上位から木下面、姉崎面、市原面、吉附面、南総面に区分される（徳橋・遠藤, 1984；桑原ほか, 1999；第1.3図）。木下面は下総台地において下総上位面（杉原, 1970）とも呼ばれる最も上位の海成面であり、金剛地から姉崎地域の権現森付近にかけて分布する。茂原地域の木下面の最高高度は約130 m、姉崎面はこれより5 mほど標高が低く、図幅北西端に小規模に分布する。市原面は河成面で村田川水系に市原Ⅱ面が小規模に分布する。吉附面は図幅南東

端の夷隅川下流域に局所的に分布する（桑原ほか, 1999）。南総面は一宮川や埴生川の中流に小規模に分布する。

低地は、一宮川、埴生川によって作られた一宮川低地、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る（第1.3図）。台地や丘陵を刻む谷沿いの低地の多くは段丘化しており完新世段丘が発達する。九十九里浜平野は、約5,000～6,000年前の後氷期海進からの海面の段階的な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程度の広がりを持つ。特に東浪見-一宮間の上総丘陵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る（第1.4図）。また、図幅の中南部の網田-市野々付近には、夷隅川水系が小規模に



第1.2図 茂原地域の地形陰影図  
 国土地理院発行数値地図50mメッシュ（標高）日本-IIを使用。



第 1. 3 図 茂原地域の地形分類図  
丘陵・谷底平野・後背湿地を白抜きで示す。



第 1. 4 図 茂原低地の風景  
本納城跡から南東方向を (A), 東浪見の九十九里崖線の上から北東方向を見た (B) 茂原低地。

分布する（第1.2図）。海岸は九十九里浜海岸の南部を占めている。

以下に、この地域の地形について、丘陵、台地・段丘、低地、海岸の順で解説する。

## 1.1 丘陵

丘陵は、房総半島西岸に位置する富津市金谷の<sup>のこざりやま</sup>鋸山付近から東岸の勝浦市<sup>はまなめがわ</sup>浜行川付近までの房総半島を横断する線より北側で上総丘陵と呼ばれる（第1.1図）。その分水界は、鋸山（標高329.5m）と清澄山（標高<sup>きよすみ</sup>365.0m）を結ぶ線で著しく南側に偏り（第1.1図）、それより北側は緩斜面、南側は急斜面となっている。

丘陵の構成層は下部～中部更新統の上総層群であり、砂泥互層、砂質泥及び泥質砂層等の半固結堆積物からなる。上総層群は北東～南西方向の走向、北西傾斜の地質構造を持つ。丘陵の高度は全般的に西側ほど高く、東方に向かって低くなっている。丘陵の枝尾根の斜面は、北西へ傾く緩やかな斜面と南東へ傾く急な斜面の組み合わせが多く、ケスタ様の地形を呈している。また、前述の地質構造の影響を受け丘陵を開析する谷は、北東～南西方向のものが多くみられる。谷の幅は広く、谷型の斜面が尾根部まで食い込んでいるため尾根が痩せている。

丘陵を刻む谷沿いには、谷底面からの比高が2～3mでシルト混じり砂からなる緩斜面から段丘状の地形があり、茂原より北部の主に笠森層からなる丘陵に発達している。これは砂質で崩れやすい笠森層の地質に起因すると考えられる。

茂原地域北西部の長柄丘陵は40～80mの高度を示し、隣接する台地より30～50m低くなっているが、台地が形成された当時の丘陵は台地よりも高かったはずである。このような現象を「地形の逆転」（大塚・望月、1932）と言い、透水性が大きい台地の砂層は丘陵のシルト層よりも侵食されにくいことが原因と考えられている。茂原地域西部の長南丘陵は60～160mの高度で分布し、本丘陵の西部域では、北西～南東方向の谷が発達する。茂原地域南部の睦沢丘陵は60～120mの高度で分布する。

## 1.2 台地及び段丘

台地は茂原地域北西端部に分布し、千葉県北部に広く分布する下総台地の南東端に位置する。この下総台地の面積の大部分を占めているのが木下面であり、下総層群木下層を段丘構成層としてその上位にHK-KIP、HK-KmP12を挟む下末吉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（酸素同位体ステージ(MIS)5.5）と考えられている（第2.1図）。ここでは下総層群の上に、新时期東ローム層が載ってい

る。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る。この台地面は、茂原地域では60～130mの高度で分布し、台地の南端部で約130mと最も高い。台地の勾配は、おおむね南南東から北西に傾き11/1,000となっており、下総台地の中で最も急傾斜を示す地域である。

図幅内の台地は、東京湾に注ぐ村田川とその支流によって開析されており、平坦面は小規模にしか発達しない。谷のほとんどは南東側の牛久－東金崖線の段丘付近までをその流域として、谷底平野が谷の奥まで入り込み、谷頭が急崖となっているものが多い。また、丘陵と台地が接近する地域では、丘陵からの谷の侵食によって台地側の谷の谷頭付近の争奪が頻繁に行われている。

姉崎面は、木下面の形成後、河食によって上位面が削られ、その上に砂礫が堆積して形成されたもので、木下面より高度が5～10m程度低くなっている。木下面と姉崎面との境は緩斜面であって、その境はあまり明瞭ではない。市原面は下位層の上に砂礫層を載せ、更にその上位に、武蔵野、立川の各期のローム層を載せている。

市原面、南総面は、村田川上流部と一宮川・埴生川の中流部に小規模に分布している。吉附面は夷隅川河口付近に局地的に分布する。

## 1.3 低地

### 1.3.1 一宮川低地

一宮川低地の谷底平野の勾配は5/1,000で、主に軟弱なシルト、粘土層が堆積している。茂原から一宮間の下流域は、砂堆を削って、自然堤防が発達する。茂原市街地より上流部では丘陵に入り、低地面は標高9～13m、比高5～6mで段丘化して、完新世段丘の<sup>かみいちほ</sup>上市場面（森脇、1977）を形成している（第1.3図）。

### 1.3.2 埴生川低地

埴生川低地は、埴生川及び瑞沢川<sup>みずさわ</sup>によって形成された低地で、谷の出口付近には数列の砂堆起源と考えられる沖積面が分布している。これは茂原低地の第Ⅰ～第Ⅱ浜堤列群（森脇、1979）及び完新世段丘の上市場面、川島面（森脇、1977）と対比できる（第1.3図）。中流部から上流部にかけても谷底平野は標高10～20mで比高7～8mほど掘りこまれて完新世段丘の上市場面となっており、段丘面は広い。低地の勾配は2/1,000ほどであり、ほとんどが細粒の砂層で、軟らかい地層となっている。埴生川と一宮川の合流地点の流域には、川島面よりも低位の芝原面がある（第1.3図）。この段丘面は第Ⅱ浜堤列群から第Ⅲ浜堤列群の移行期に形成された（森脇、1977）。

### 1. 3. 3 茂原低地（九十九里浜低地）

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、後背湿地などで構成されており、茂原地域では幅 5 km にわたる浜堤（森脇（1979）では砂堤）が認められる。低地面上には南北に延びる浜堤が並走し浜堤列平野を構成する。この浜堤は森脇（1979）によって第Ⅰ～第Ⅲ浜堤群に分けられており、茂原地域にも第Ⅰ～第Ⅲ浜堤群が分布している。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6. 10 図）、約 6,000～4,000 年前に形成されていたと考えられている。

第Ⅱ浜堤群からは縄文後期の土器が発見されている（第6. 10 図）、4,000～2,000 年前に形成されたと考えられている。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る。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 5 m 程度の比高を持って広域に分布する。一宮～東浪見間の浜堤は全て第Ⅲ浜堤群に帰属する。

浜堤間低地の構成物質は、泥と砂からなる。浜堤と浜堤間低地の比高はおおむね 1～2 m 前後また浜堤と砂丘との比高は 2 m ほどとなっている。浜堤と堤間低地は、現在人工的に平坦化されているためその境が不明瞭な部分が多い。

### 1. 4 海 岸

九十九里浜海岸は千葉県房総半島東岸にある、<sup>ぎょうぶ</sup>刑部岬と<sup>たいとうさき</sup>太東崎の間の太平洋に面している全長約 66 km の細粒砂からなる 1/50～1/100 の緩勾配の日本を代表する砂浜海岸である。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る（堀川・砂村, 1971；宇多ほか, 2000）。

一方、九十九里浜南部では、沿岸侵食や天然ガス汲み上げによる地盤沈下、更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る。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 基のヘッドランドが建設された（宇多ほか, 2011）。ところが、現在に至っても東浪見—一宮—<sup>ひとつまつ</sup>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（第9. 8 図）、1947 年度以降、約 50～80 m の海浜の消失が生じている（宇多ほか, 2011；第9. 9 図）。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おり、社会問題化している。

## 第2章 地質概説

(七山 太)

房総半島での地質学的な調査・研究は、20万分の1地質図幅「千葉」(巨智部, 1887), 「横浜」(鈴木, 1887), 「上総」(巨智部, 1888)までさかのぼることができる。1901年からの油田調査の開始や1923年の関東大震災の影響から、1930年代に入って、三土(1937)の7万5千分の1地質図幅「茂原」, 三土(1933a, b)や植田(1933)による新生代層の層序の確立が進められた。

茂原地域には、下部～中部更新統の上総層群中～上部、中～上部更新統の下総層群、上部更新統の新期段丘堆積物と新期関東ローム層、完新統の沖積層及び段丘堆積物が分布する(第2.1図)。このうち、上総層群と下総層群は北東～南西の一般走向を有し北西方向に緩く傾斜する。このため、南東端の東浪見から北西端の金剛地に向かって順次新しい地層が地表に現れる。徳橋・遠藤(1984)は、上総層群と下総層群の境界問題の整理を行い、金剛地層最上部と地蔵堂層下部間が上総層群と下総層群の境界になるとした。

2007～2013年、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金剛地層にかけて大規模な人工露頭が一時的に露出した(第2.2図)。これによって、幾つかの新たな知見が得られたことは特筆される。以下に、これら茂原地域に分布する地層の特徴について概説する。

### 2.1 上総層群

「姉崎」図幅(徳橋・遠藤, 1984)を参考に上総層群の概要を以下に記述する。上総層群は、房総半島中部、上総丘陵に広く分布する海成層であり、その基底は房総半島をほぼ東西に横切る黒滝不整合で限られる。本層群は房総半島中～東部で最も厚く、層厚3,000mを超える(三梨ほか, 1979)。本層群は、房総半島西部域では主に浅海成の砂層、礫層及び泥質層から構成され、大規模な侵食構造が観察される(三梨ほか, 1979)。一方、中～東部域では、主に深海成砂泥互層から構成され、大規模な削り込み現象は、黒滝層基底が露出するボラ鼻(勝浦市鵜原)以外ではほとんど観察されない(三梨ほか, 1979)。砂泥互層は連続性が良く、泥勝ち互層と砂勝ち互層の複互層からなり、主な砂勝ち互層と泥勝ち互層の岩相境界が、累層境界と認定されている。深海成砂泥互層を構成する砂層は主に深海底で堆積したタービダイト

起源であり、個々の砂層は連続性がよいことが報告されている(平山・鈴木, 1968; Hirayama and Nakajima, 1977)。また、茂原地域に伏在する深海成砂泥互層は、本邦最大の水溶性天然ガス鉱床である茂原ガス田(金原ほか, 1949; 石和田ほか, 1971)を胚胎する地層として知られている。上総層群は、模式ルートである養老川流域において、下位より黒滝層、黄和田層、大田代層、梅ヶ瀬層、国本層、柿ノ木台層、長南層、笠森層、金剛地層に区分されている。このうち、大田代層から金剛地層の模式地は、姉崎及び大多喜地域内にある。Aoki(1968)によると、最下部の黒滝層を除くこれらの諸累層は、半深海域下部の堆積環境から上方へ向かって、半深海域上部、陸棚下部、陸棚上部へと、順次浅い環境へ変化する中で形成された一連の堆積盆埋積型の堆積物であるとされる。一方中嶋(1973, 1978)は、上総層群には、浅海成堆積物で始まり浅海成堆積物で終わる一つの堆積サイクルが認められ、深海成砂泥互層はこの堆積サイクルの中部を占め、相対的に最も深い相を代表するとしている。またKatsura(1984), Ito(1992)及びIto and Katsura(1993)は、上総層群の種々の岩相の時空分布やシークエンスは、第四紀の氷河性海面変動と密接な関係にあると指摘している(第3.2図)。

茂原地域には大田代層最上部(O5層準)より上位の上総層群が整合関係で露出する。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る。本層群にみられる未固結の砂と固結した泥(泥岩)の互層について、本研究報告及び地質図では表現上「砂泥互層(英語表記では alternation of sand and mudstone)」と表記する。

#### 2.1.1 大田代層

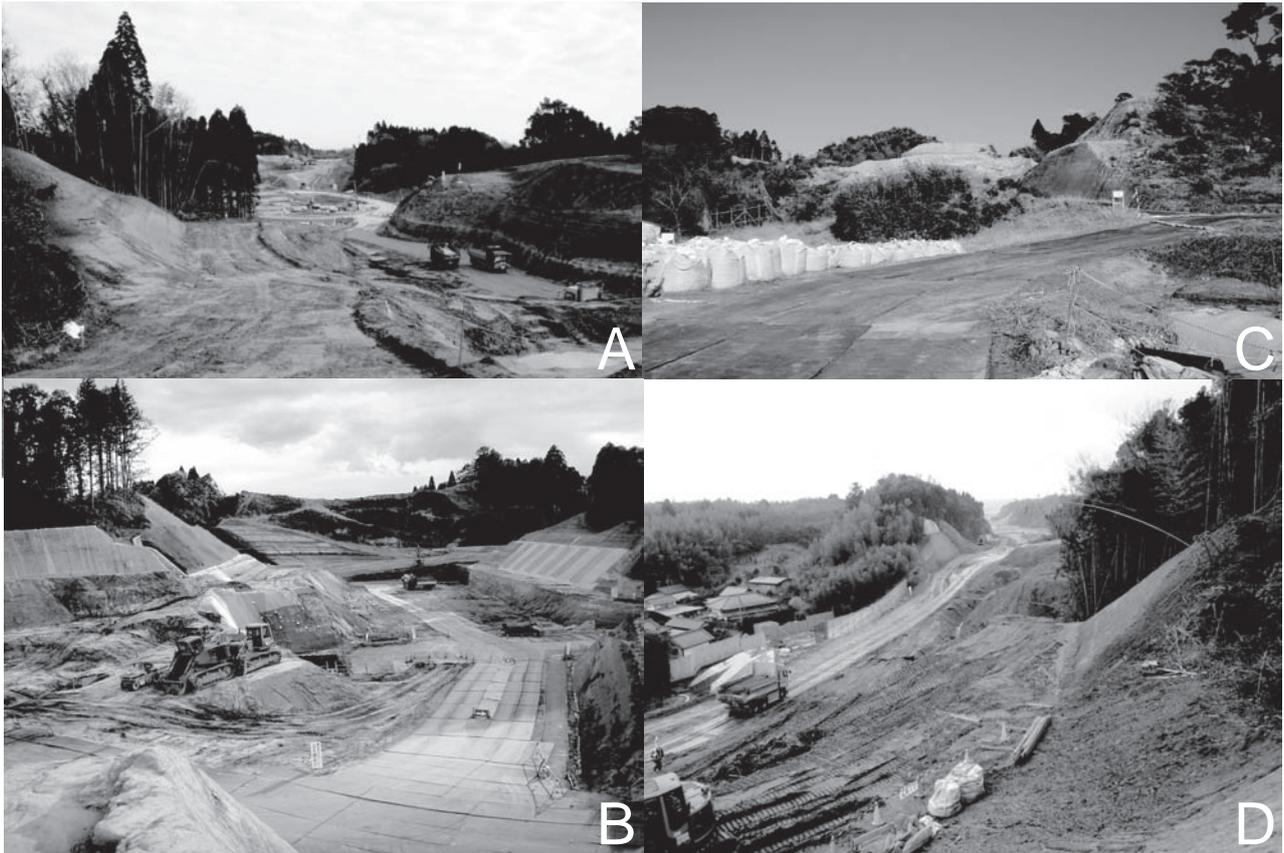
大田代層は、砂勝ちと泥勝ちの砂泥互層が交互に積み重なる。層厚は95m以上である。一部にスランプ堆積物層を挟む。茂原地域においては、O5よりも上位のテフラが、南東部の一宮町東浪見～いすみ市市野々に露出する。

#### 2.1.2 梅ヶ瀬層

梅ヶ瀬層は、砂勝ちの砂泥互層を主体とする。層厚は310mである。数mm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す。砂泥互層は厚さ数10cm～1m程度の細粒砂～中粒砂層と厚さ数cm～

年代	地層名	柱状図	主要テフラ鍵層	岩相記載		
完新世	沖積層 (60m以下)			礫、砂及び泥からなり、海生貝化石を含む。沖積層は層厚 60m 以下。茂原低地の浜堤列は大きく 3 帯に区分される。各浜堤間には後背湿地堆積物が広がる。		
世 新 更 新 期	後期	新期段丘堆積物 及び新期関東ローム層	南総 I 段丘堆積物 及び吉附段丘堆積物 (2-8m)	AG AS4 AT	立川ローム層	河川成の礫、砂及び泥からなり、立川ローム層上部によって覆われる。段丘堆積物は AT を挟み、AS4、AG に覆われる。南東部の吉附付近のみ汽水～海成層を伴う。
			市原 II 段丘堆積物 (2-4m)	Hk-TP	武蔵野ローム層	河川成の礫、砂及び泥からなり、武蔵野ローム層以上のローム層及び Hk-TP に覆われる。
			常総粘土 (1-2m) 姉崎層 (1-2m)	Hk-OP On-Pm1 Hk-KIP	下末吉ローム層	テフラが著しく粘土化した細粒物からなり、クラックが発達している。下位の姉崎層と木下層を薄く覆うように断片的に分布する。 陸成の堆積物からなり、シルト岩の礫が混じった砂層と泥炭を伴う泥質層からなる。上面は姉崎面を構成する。
	中期	上総層群	木下層 (5-15m)	J1		貝化石を伴う浅海成の砂層からなる。白斑状生痕が多く層準で観察される。Hk-KIP 群のテフラより上位の下末吉ローム層を上位にのせる。上面は木下面を構成する。
			地蔵堂層 (1-8m)			淡水～汽水成泥質砂層、砂質泥層からなる。一部に、金剛地層を削り込むチャンネル充填粗粒堆積物が存在する。泉谷化石帯を含む。J1 を挟在する。
			金剛地層 (40-60m)			全層準において、淘汰の良い浅海成の砂層からなる。上部は斜交層理や平行ラミナの発達した浅海成の中～粗粒砂からなる。薄くて連続性の良い砂泥互層を中位に挟む。下部は塊状の細粒砂層及び層状の細～中粒砂層からなる。最下位に砂泥互層を伴う。
			笠森層 (320m)	Ks5 Ks7.5AB Ks8.4 Ks10 Ks11 Ks12 Ks16 Ks18 Ks21 Ks22	国府里 砂部層 (50-90m)	主部は生物擾乱の顕著な塊状・不均質な砂質シルト岩ないしシルト質砂岩からなる。一部に弱い層状構造が観察されることもある。貝化石を多産する最下部は比較的固結した泥岩からなる。Ks5～23.5 が挟在される。 国府里砂部層は、生物擾乱の顕著な層状の中粒砂層及び塊状の細粒砂層からなり、西方に向かって細粒化する。Ks7.5～8.4 が挟在される。
			長南層 (150m)	Ch1 Ch2 Ch3		全層準において、側方への層厚及び層相変化が著しい。上部は砂勝ちの砂泥互層からなり、スランプ層を伴う。中部は泥勝ちの砂泥互層からなり、薄いスランプ層を伴う。砂層の層厚変化が著しい。下部は均質塊状な細～中粒シルト岩を主体とし、レンズ状の厚い砂層を挟む。Ch0.9～3 を挟在する。
			柿ノ木台層 (70m)	Ka1 Ka2AB Ka2.4AB		全層準が塊状の粗粒シルトないし砂質シルトからなる。貝化石を多産する。Ka0.3～2.5 を挟在する。
			国本層 (220m)	Ku1 Ku2 Ku3 Ku5A Ku6C		塊状砂質泥層及び砂勝ち砂泥互層が繰り返す。上部は砂勝ちの砂泥互層からなる。中部は塊状砂質泥岩からなり、プリユンヌ/松山磁極期境界はKu2下位のKu2.3 (BYK)層準にある。下部は厚い砂層を挟む砂勝ち互層からなる。最下部は塊状砂質泥岩からなり、Ku3～Ku6 を挟在する。
	前期	下総層群	梅ヶ瀬層 (310m)	U1 U4 U6D U8 U10AB		砂勝ちの砂泥互層を主体とする。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す。砂泥互層は厚さ数10cm～1m程度の細粒砂～中粒砂層と厚さ数cm～1m程度の泥層とからなる。東方ほど厚い砂層は薄層化していき、等量からやや泥勝ちの砂泥互層となる。U1～11 を挟在する。
			大田代層 (95m以上)	O1 O3 O5		砂勝ちと泥勝ちの砂泥互層が交互に積み重なる。一部にスランプ堆積物層を挟む。地表では O1～5 層準のみが露出する。

第 2. 1 図 茂原地域の模式層序



第2.2図 圏央道工事によって露出した上総層群笠森層の露頭  
A, B: 茂原市大沢 (現茂原北IC付近). C: 茂原市新町. D: 茂原市殿谷.

1 m 程度の泥岩層とからなる。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る。図幅内の睦沢町及び一宮町中～北部に露出する。U1～U11 のテフラが挟在する。

### 2.1.3 国本層

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層、中部の塊状砂質泥岩層、上部の砂勝ち互層に区分できる (三梨ほか, 1959)。層厚は 220 m である。中～下部更新統の境界 (町田ほか, 1980) とされるブリュヌ / 松山磁極期境界 (約 77 万年前; Saganuma *et al.*, 2015) は、国本層中部の Ku2 テフラ鍵層付近にある (Okada and Niitsuma, 1989)。図幅内では Ku0.3～Ku6 のテフラが観察される。

### 2.1.4 柿ノ木台層

柿ノ木台層は、主に塊状の砂質泥岩から構成される。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る。層厚は 70 m である。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む。柿ノ木台層と上位の長南層との境界は、徳橋・遠藤

(1984) に従った。Ka0.3～Ka2.5 のテフラが認められる。

### 2.1.5 長南層

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繁に挟む。層厚は 150 m である。Ch0.9～Ch3 のテフラがみられる。

### 2.1.6 笠森層

笠森層は、模式地を含む茂原地域北東部では、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る。層厚は 320 m である。一部に層状構造が観察されることもある。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る。Ks5～Ks23.5 のテフラが挟在する。

### 2.1.7 金剛地層

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る。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る。層厚は 40～60 m である。金剛地層最上部

の砂層には、白斑状生痕の *Macaronichnus segregatis* が観察される。模式地の市原市金剛地を中心に、茂原地域では北西部に小規模に分布する。

## 2.2 下総層群

「姉崎」図幅（徳橋・遠藤, 1984）を参考に下総層群の概要を以下に記述する。下総層群は、房総半島北部の下総台地に広く分布し、主に浅海成砂層とそれに挟まれた淡水～汽水成の泥質層及び砂礫層とから構成される。浅海成砂層は、しばしば貝化石を多産することから、下総層群の分布域には、古くから多数の貝化石産地が知られている。下総層群の層名のほとんどが、貝化石産地の地名に由来している。浅海成砂層中に繰返し挟まれる泥質層は、泥炭層や植物根の痕跡化石を含むシルト層や粘土層を主体とし、チャンネル状の基底を持った陸水成の砂礫層及び生痕化石や内湾性の貝化石を含む砂質泥層～泥質砂層を場所によって伴う、主に淡水～汽水成堆積物である。泥質層のそれぞれの層準は、広範囲にわたって追跡され、下総層群の層区分の際の境界として利用されている。これらの層は、最上部の姉崎層と常総粘土を除き氷河性海水準変動によって規定された海進相から海退相までの1層1堆積サイクルを示すため、各層は不整合関係である。

徳橋・遠藤（1984）によれば、下総層群は下位から地蔵堂層、藪層、上泉層、清川層、横田層、木下層、姉崎層及び常総粘土に区分される。木下層及び常総粘土を除くこれらの模式地は、姉崎地域に分布する（徳橋・遠藤, 1984）。

茂原地域には、下総層群の累層のうち、最下部の地蔵堂層が北西端の金剛地付近のみに、最上部の木下層（一部、姉崎層を伴う）が、北西部に広く分布する。このうち、木下層と姉崎層の上限をなす堆積面はそれぞれ地形面（木下面、姉崎面）として認められる。現在、木下層と地蔵堂層が直接接する露頭は存在しないが、不整合関係と報告されている（佐藤, 2000）。

### 2.2.1 地蔵堂層

本地域には地蔵堂層下部の泥質層が分布する。泥質層上部は、泉谷化石帯（坂倉, 1935a, b）を含む1～2mの泥質砂層ないし砂質泥層からなる。層厚は1～8mである。全体に生痕が発達し、淘汰は極不良である。泥質層下部は、厚さ0～5mの粘土層、シルト層及び砂質シルト層からなり、薄い砂層を挟んだ縞状互層を含む場合もある。上部との境界付近には、しばしば砂管が密集し貝化石が散在することもある。姉崎地域においては、下位の金剛地層を削り込むチャンネル基底及びそれを充填する粗粒堆積物が存在する。

### 2.2.2 木下層

木下層は酸素同位体ステージ（MIS）5.5に形成された浅海成層であり、金剛地層以上の地層を直接不整合に覆って分布する。層厚は5～15mである。茂原地域では、白斑状生痕の *Macaronichnus segregatis* を含む浅海成砂層から構成され、その上位に常総粘土を載せる。木下層の堆積面は、この地域の最高位の高成段丘面である木下面を構成している。

### 2.2.3 姉崎層

姉崎層は酸素同位体ステージ（MIS）5.3に形成された河川成堆積物であり、下位の木下層を、侵食基底を持って覆う。層厚は1～2mである。シルト岩の円礫が混じった砂層と泥層を挟む砂層の繰返しから構成される河川成堆積物であり、多くの軽石層を伴う。その上限の堆積面は姉崎面を構成している。

### 2.2.4 常総粘土

地質図には塗色していないが、木下層及び姉崎層が形成した地形面を覆うように小規模に分布する。層厚は1～2mである。白色を呈し、根痕が認められる凝灰質粘土層であり、Hk-KIP群の軽石層を挟む。下末吉ローム層とは同時異相の関係にある。

## 2.3 新期関東ローム層及び新期段丘堆積物

茂原地域では、武蔵野ローム層と立川ローム層を合わせたものを新期関東ローム層と呼び、このローム層によって整合に覆われる段丘堆積物を新期段丘堆積物と定義する。新期段丘堆積物は、武蔵野ローム層と立川ローム層を載せる市原Ⅱ面の堆積層及び立川ローム層のみを載せる南総Ⅰ段丘堆積物に区分される。南東部には、南総Ⅰ段丘堆積物の同時異相である汽水～海水成の吉附段丘堆積物が分布する。

### 2.3.1 市原Ⅱ段丘堆積物

三浦軽石（Hk-MP）直下の埋没土より上位の武蔵野ローム層以上のローム層に覆われる河岸段丘堆積物であり、中礫混じりの砂礫層から構成されている。層厚は2～4mである。

### 2.3.2 南総Ⅰ段丘堆積物

直径10～20cmのシルト礫や亜円～亜角礫からなる河岸段丘堆積物で、AT（始良 Tn 火山灰：町田・新井, 1976：30ka；中川ほか, 2013）を挟在する立川ローム層（層厚2m）によって覆われている。層厚は1～5mである。

### 2. 3. 3 吉附段丘堆積物

本層は上部と下部に区分される。上部の上位には褐色風化火山灰土層があり、その中位に AT の火山ガラスの挟在が記載されている。層厚は 10 m 以下である。吉附面は、AT との層位関係及び段丘構成層の AMS<sup>14</sup>C 年代測定結果（暦年未補正）から、約 3 万年前の MIS 3 海進期に生じた海成段丘と解釈されている（桑原ほか、1999）。

## 2. 4 沖 積 層

丘陵及び台地等を開析する谷の谷底、あるいは、海岸付近の低地を埋積する更新世末期から完新世の未固結の地層を沖積層と定義し、茂原低地や開析谷を埋積する主に地下の堆積物を沖積谷埋堆積物とし、この谷埋堆積物の表層付近に分布する堆積物を沖積表層堆積物とする。

### 2. 4. 1 沖積谷埋堆積物

茂原低地、一宮川低地、<sup>はぶ</sup>埴生川低地の地下に広く内在する。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 に達する。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<sup>なほ</sup>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で、南北約 5 km の幅を持つ広い谷地形が想定される。谷埋堆積物の茂原低地地下における層相は下位より、エスチュアリー相の泥質層、外浜・海浜相の細粒砂層から主になり、エスチュアリー相を欠く場合もある。一宮川低地及び埴生川低地における層相は下位より、エスチュアリー相の泥質層、内湾・ラグーン相となる。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る。茂原貝層と呼ばれる貝殻密集層が知られるが、約 80 種の巻貝や二枚貝から構成され、約 8,000～7,000 年前の年代幅を示す。

### 2. 4. 2 沖積表層堆積物

茂原低地には、第 I～第 III の 3 段に区分される浜堤堆積物と浜堤間に発達する後背湿地及び谷底低地堆積物が広がる。第 I～第 III 浜堤堆積物の標高はそれぞれ約 6～10 m、約 3～6 m、約 1～3 m で、形成年代はそれぞれ縄文前期～中期の約 6,000～4,000 年前（未補正）、第 II 浜堤群が縄文後期・晩期の約 4,000～2,000 年前（未補正）、第 III 浜堤群が古墳時代以降の約 1,500 年前以降（未補正）である（森脇、1979）。

一宮川低地と埴生川低地には広く後背湿地及び谷底低地堆積物が分布する。これらの低地に認められる上市場面は後背湿地及び谷底低地堆積物と第 I 浜堤堆積物、川島面は第 II 浜堤堆積物、芝原面は後背湿地及び谷底低地堆積物からなる。埴生川低地の上市場面には約 6,000～5,000 年前の泥炭層が挟在している。一宮川流域には、自然堤防堆積物や旧河道堆積物が分布する。

九十九里浜海岸には現世海浜及び砂丘堆積物が広く分布する。茂原市真名<sup>まんな</sup>や緑ヶ丘には人工堆積物が分布する。

以上のように、茂原地域は下部部更新統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ある。したがって、茂原地域の層厚・構造の解明は、茂原地域の地史、構造発達史のみならず、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よう。

## 第3章 上総層群

(七山 太・中里裕臣・中島 礼)

### 3.1 上総層群の定義

房総半島の上総及び下総の両総の鮮新-更新統についての層序区分は、三土 (1933a, b) と植田 (1933) によって行われ、これら区分や層名はほぼ現在まで引き継がれている。その後、天然ガス開発に関する調査 (三梨・安国, 1949; 金原ほか, 1949; 品田ほか, 1951; 河井ほか, 1950; 河井, 1952) を通して、テフラ鍵層による高精度な層序の確立がなされた。そして、これらの地層の分布状況などから、伊田ほか (1956) によって層群区分がまとめられた。このときに、黒滝不整合から上位を上総層群、大船地域の長沼貝殻坂不整合から上位については相模層群と命名された。三梨 (1973) は、房総半島西部の富津地域の佐貫付近において、上総層群の梅ヶ瀬層相当層 (町田ほか (1980) 及び5万分の1地質図幅富津地域 (中嶋・渡辺, 2005) によれば国本層相当層) である岩坂層の褶曲構造を長浜砂礫層が切って分布する現象を報告し、この岩相境界を三浦半島の長沼不整合と対比し、この上位を相模層群と定義した。その後、三梨ほか (1979) は、房総半島に分布する相模層群については下総層群と呼ぶことを提唱した。そして三浦半島以東の地層群と分けて詳細な層序区分を行い、それぞれの地域に挟まれる火山灰層を対比することにより三浦半島と房総半島の地層群の正確な対比を行った。徳橋・遠藤 (1984) は、金剛地層最上部と地蔵堂層下部間が上総層群と下総層群の地層境界になることを示し、後続研究の多くはこの見解を継承している。

上総層群の層序は、戦後の水溶性天然ガス開発に関する調査 (金原ほか, 1949; 内尾, 1952) を通して確立された。その成果の集大成が三梨 (1954)、石和田ほか (1971)、三梨ほか (1959, 1961, 1979) であり、これらに示された詳細なテフラ鍵層に基づきその後の様々な研究が進められた。1960年代には、底生有孔虫化石に関する研究が天然ガス開発に伴って盛んに行われた (石和田ほか, 1962; Aoki, 1963; 青木, 1964; Ishiwada, 1964; 樋口, 1964; 菊地・富沢, 1964; 樋口・菊地, 1964; 樋口・斉藤, 1965)。1970年代には、古地磁気に関する研究と浮遊性有孔虫化石に関する研究が行われ (中川ほか, 1969; 新妻, 1976; 尾田, 1975; Oda, 1977)、国際対比も可能になった。1980年代後半には、石灰質ナンノ化石の研究により10万年オーダーの国際対比が可能となった (佐藤ほか, 1987, 1988a, b; 佐藤・

高山, 1988; Pickering *et al.*, 1999; 辻ほか, 2005)。更に1990年代前半からテフラの広域対比が給源を含めて盛んに行われている (吉川ほか, 1991; 鎌田ほか, 1994; 第3.1図, 第3.2図)。

茂原ガス田の上総層群の坑井層序については、石和田・品田 (1956, 1959)、石和田 (1959)、河井 (1961)、石和田ほか (1962) などによって、天然ガスの開発を目的としてとりまとめられた。石和田ほか (1971) は、坑井の電気検層記録の中から特徴的な形状が側方に連続し鍵層として利用できること、それらは地表ではいくつかのテフラ鍵層に対比できることを明らかにした。そして、この手法を用いて地下地質の精密な対比を行い、地質構造を明らかにした。和気ほか (1999) は、特徴的な電気検層記録のいくつかの部分についてオールコア試料を採取し、これらがテフラ鍵層に対比できることを明確にした。国末ほか (2002) 及び三田ほか (2003) は、それまで蓄積されてきた約1,000本の坑井記録について、約60層準の対比を行い、加えて電気検層記録から層相を推定し (第8.2図, 第8.4図, 第8.5図)、黄和田層から梅ヶ瀬層坑井相当層の海底扇状地の様子を3次元で精密に復元した。

茂原～勝浦地域に分布する上総層群は、下位から黒滝層、勝浦層、浪花層、大原層、黄和田層、大田代層、梅ヶ瀬層、国本層、柿ノ木台層、長南層、笠森層及び金剛地層に区分され (三梨ほか, 1959)、このうち茂原地域には大田代層最上部 (O5層準) より上位が露出する (第3.2図, 第3.3図)。以下に、茂原地域の地表に露出する上総層群の岩相と層序を、下位層より順に記載する。

なお、確認したテフラ鍵層の露頭位置、柱状図、岩石記載的性質、火山ガラス等の主成分化学組成については第10章にまとめ、化石産出地点は付図に示した。

### 3.2 大田代層 (Ot)

#### [命名]

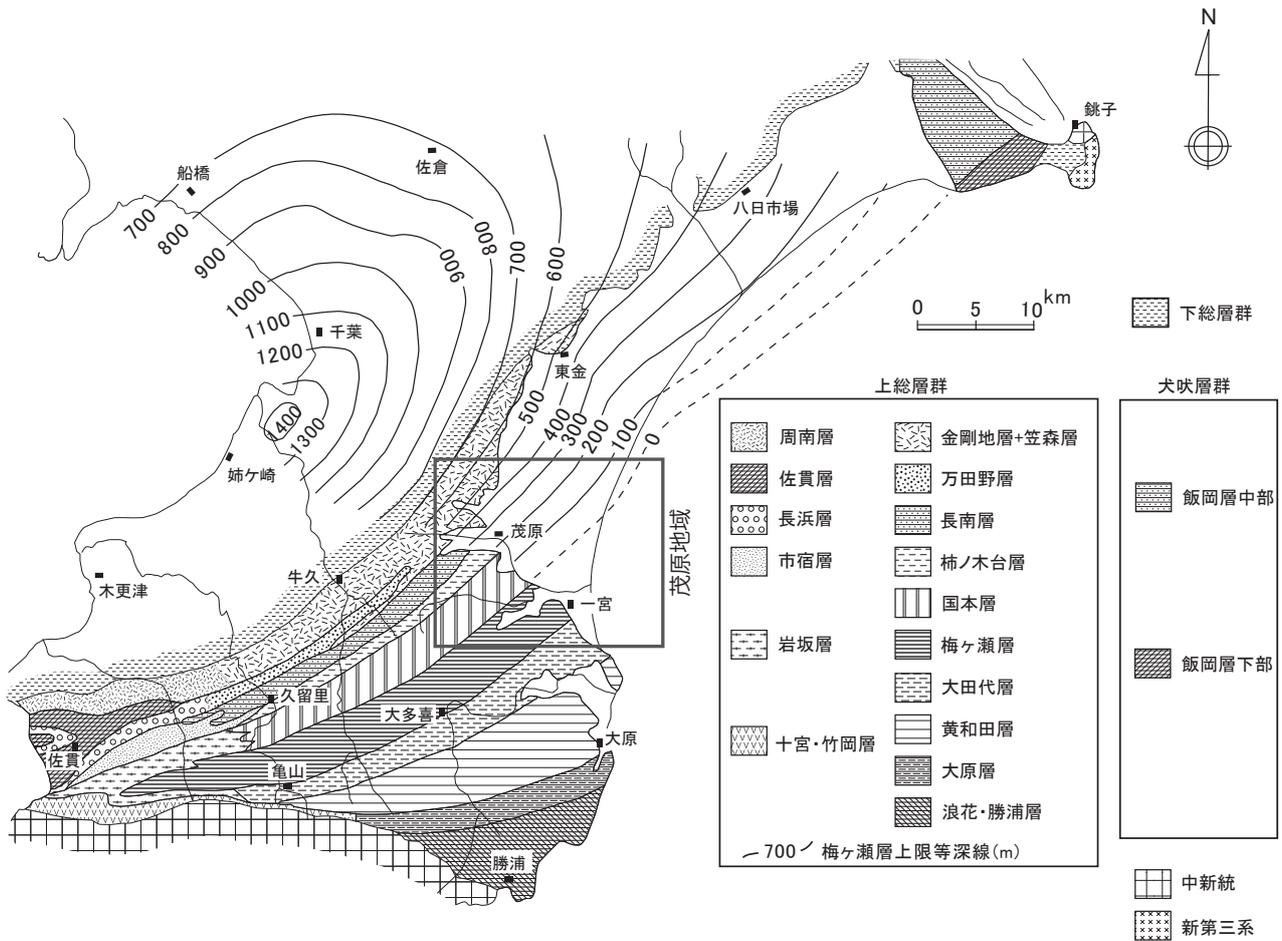
植田 (1930, 1933) が命名し、三梨ほか (1959) によって明確化された。

#### [模式地]

養老川沿いの大多喜町大田代 (大多喜地域)。

#### [分布]

養老川沿いの大多喜町大田代付近から東北東へ連続し、茂原地域南東部の一宮町南部～いすみ市北部に帯状



第3.1図 房総半島における上総層群分布図と等深線図  
 関東天然瓦斯開発株式会社 (1980) の第2図を改変して使用した。

に分布する。

**[層厚]**

模式地の養老川付近で最も厚く640mである。茂原地域内では最上位層準の95m程度のみが露出する。

**[層序関係]**

梅ヶ瀬層の砂勝ちの砂泥互層に整合で覆われる。茂原地域内では下限はO5テフラ層準までしか露出しない(第3.4図)。

**[岩相]**

砂勝ちと泥勝ちの砂泥互層が交互に積み重なる(第3.5図)。一部にスランプ堆積物層を挟む。

**[テフラ鍵層]**

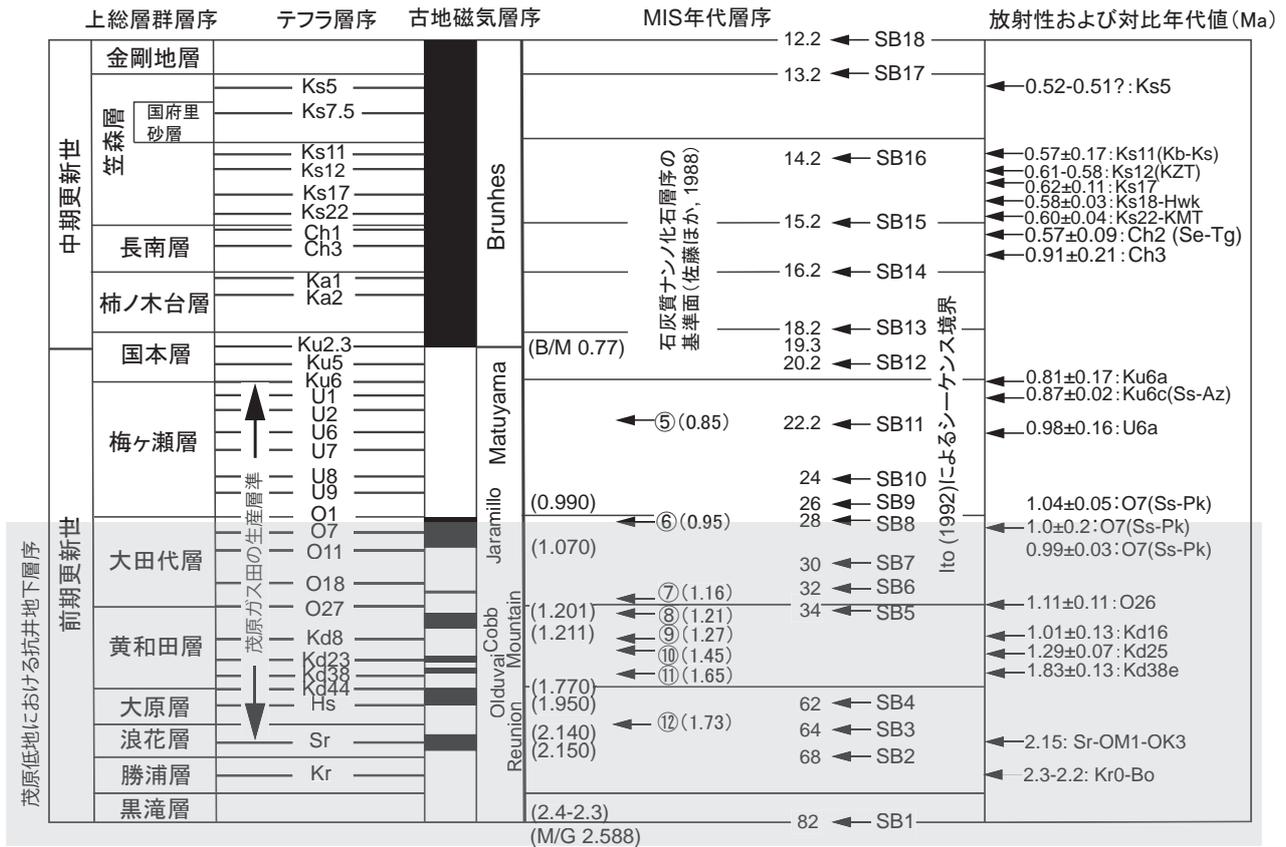
大田代層のテフラは金原ほか(1949), 河井ほか(1950), 三梨ほか(1959), 石和田ほか(1971)によりO27~O1が記載されており, 里口(1995)は各テフラの鉱物組成, 火山ガラスの屈折率等の岩石記載的性質を明らかにした。図幅内では下位よりO5, O4.5(新称), O4, O3', O3, O2, O1が分布する(第3.4図)。これらのテフラはいずれも層厚5cm以内で目立つものではないが, O5は中粒~細粒砂サイズの結晶質テフラの上位に

最大径15mm程度の白色軽石が散在し, 識別が容易である(第10.2図, M72, 73)。O4.5はO4の下位約10mに認められる径3~10mmの白~灰色軽石テフラである。O4.5とO4の火山ガラスと斜方輝石は高屈折率を示し(第10.1表(b)), 辻ほか(2005)が報告したO-kb2, 1及びTR-3B, Aにセットで対比される。O3は藤岡・亀尾(2004)により銚子地域の犬吠層群小浜層のOb5.7に対比されている。本図幅をわずかに南に外れるいすみ市綱田(上総大原地域)では, 黒色スコリアからなるO6と層厚70cm以上の白色ガラス質テフラであるO7が確認される。

**[化石]**

植物化石のうち花粉化石は大西(1969)のZone 1に属する。大型植物化石については, オオバタグルミが含まれる(楡井, 1988)。

貝化石については, 坂倉(1935a, b), 金原ほか(1949), 成瀬(1973), 馬場(1990)などによる報告がある。馬場(1990)によれば房総中・東部地域にわたる大田代層の貝化石群集は, 上部浅海性の*Limopsis-Ancistrolepis*群集に区分され, *Limopsis uwadokoi*, *Ancistrolepis*



第 3. 2 図 房総半島東部の上総層群の年代層序

*trochoideus*, *Periploma plane*, *Portlandia lischkei* などを含んでいるとされる。ただし、本図幅地域から、貝化石は産出しなかった。

浮遊性有孔虫化石は、*Globorotalia tosaensis* と *Globorotalia truncatulinoides* とを含み Blow (1969) の N.22 に属する (五十嵐, 1994)。珪藻化石については、その生層序面のうち *Actinocyclus oculatus* Jouse の絶滅層準が本層の最上部にみられる。

石灰質ナノ化石について、藤岡・亀尾 (2004) は基準面⑥ (0.95 Ma; 佐藤ほか, 1988b) を O1 と O3 (犬吠層群の Ob5.7) の間に認めているが、辻ほか (2005) はこの生層序面を TR-3B テフラの直下に認定した。TR-3B テフラは O4.5 に対比されるため、基準面⑥は O4.5 直下に位置づけられる (第 3. 4 図)。

[古地磁気]

大田代層の古地磁気は、全体として逆磁極方向が卓越し、BO-B 逆磁極帯に属し、松山逆磁極帯 (Matuyama chronozone) に対比されている。しかし、大田代層上部の O12 のやや下位から O1 にかけて、BO-B-1 正磁極帯とされる正磁極方向の卓越層序があり、ハラミロ正磁極帯 (Jaramillo Subchronozone) に対比される (新妻, 1976; 辻ほか, 2005; 第 3. 4 図)。その場合、基準面⑥は他地域より若干古くなることを示唆する (佐藤ほか,

1988b; 第 3. 4 図)。

[堆積環境]

底生有孔虫化石から大陸斜面上部～中部の堆積環境が推定されている (Kamemaru, 1996)。堆積相からは海底扇状地下部～中部相と推定されている (Katsura, 1984; Ito, 1992; Ito and Katsura, 1993)。

3. 3 梅ヶ瀬層 (Um)

[命名]

植田 (1930,1933) が命名し、三梨ほか (1959) によって明確化された。

[模式地]

養老川沿いの市原市朝生原西方の梅ヶ瀬溪谷 (大多喜地域)。

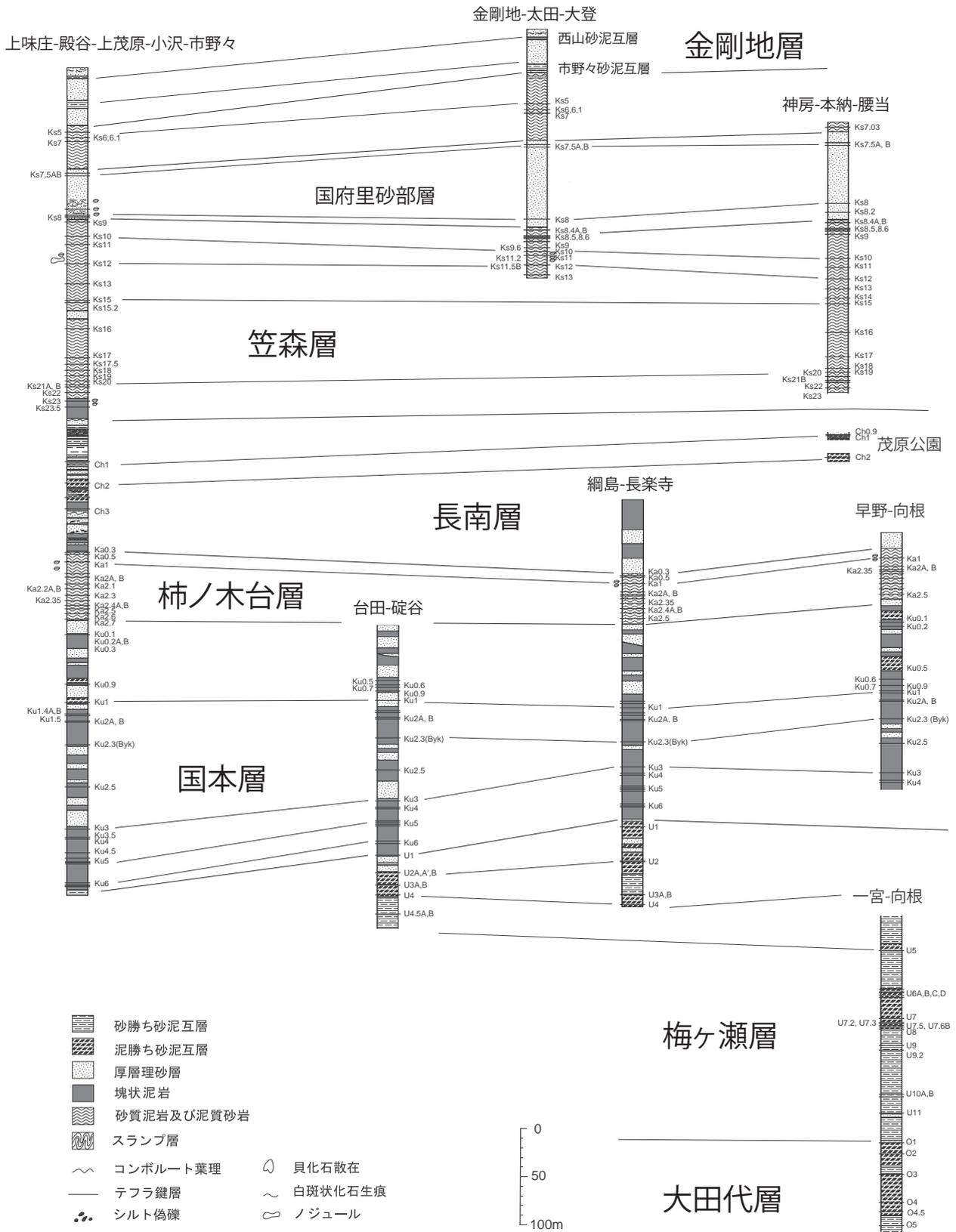
[分布]

養老川上流部の朝生原付近から北東に連続し、図幅内の陸沢町及び一宮町中～北部に連続する。

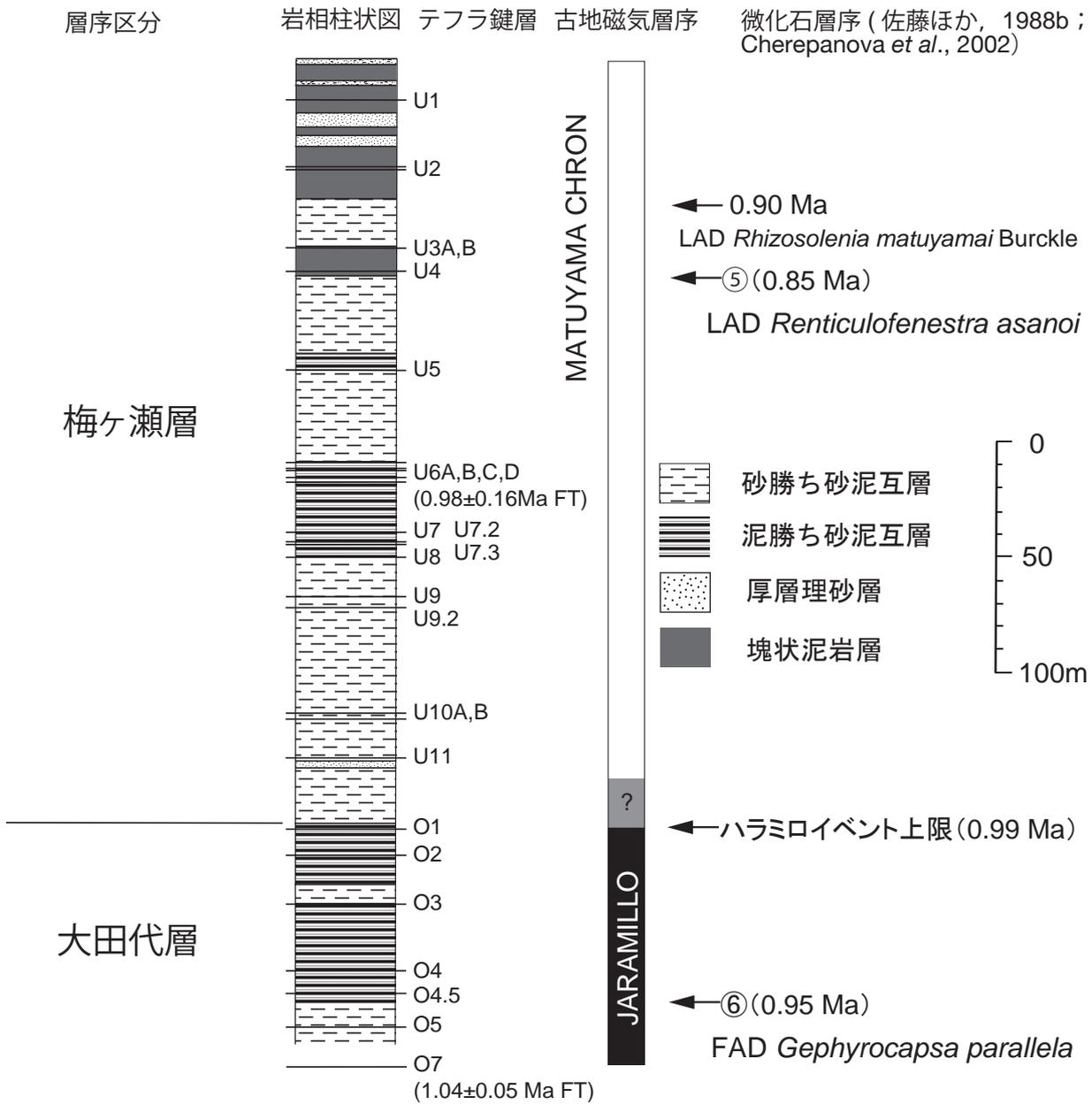
[層厚]

養老川付近で 600 m である。養老川以東では薄くなっていき、一宮町で約 310 m である。

[層序関係]



第3.3図 茂原地域における上総層群のルート柱状図



第 3. 4 図 大田代層及び梅ヶ瀬層の層序総括図

大田代層の泥勝ちの砂泥互層を整合で覆い、国本層最下部の砂質泥岩層によって整合に覆われる。

〔岩相〕

砂勝ち砂泥互層を主体とする。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



第 3. 5 図 大田代層の泥勝ち砂泥互層  
撮影地：いすみ市岬町谷上。

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る(第 3. 4 図, 第 3. 6 図)。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る。U6 と U4 のテフラ鍵層の中位ぐらいから下位は砂勝ち砂泥互層が発達する。U8 より下位には砂勝ち砂泥互層が、U6 から U7 の層準には泥勝ち砂泥互層が、U2 付近では塊状泥岩層が発達する。U2 のやや上位から U1 にかけての層準に発達する砂層はよく連続し、最東部の睦沢町東谷<sup>ひがしやつ</sup>まで連続する(第 3. 3 図)。

〔テフラ鍵層〕

梅ヶ瀬層のテフラは金原ほか(1949)、河井ほか(1950)、三梨ほか(1959)、石和田ほか(1971)により U12 ～ U1 の 29 層が記載されており、杉原ほか(1991)は新たな示標テフラを追加し 34 層のテフラについて岩石記載的性質を明らかにした。里口(1995)は未命名テフラを含む 27 層 28 層準のテフラの岩石記載的性質を明らかにした。

図幅内では U11, U10A, B, U9.2, U9, U8, U7.6B, U7.5, U7, U6A, B, C, D, U5, U4.5A, U4, U3A, B, U2A, A', B, U1 を確認した(第 3. 4 図)。これらの



第 3. 6 図 梅ヶ瀬層の砂泥互層  
A：いすみ市市野々付近の U7 層準の泥勝ち砂泥互層（自動車の車高が 1.8 m）。  
B：いすみ市岬町上組峠の砂勝ち砂泥互層（折り尺の縦が 60 cm, 横が 40 cm）。



などの広葉樹種が高率で含まれる。Picea が優勢である (大西, 1969)。

貝化石は U11 以下の最下部, U 11 ~ U 8 の下部, U8 ~ U4 の中部 U4 以上の上部で種の構成が異なる。最下部は浅海暖流系種の *Glycymeris-Nemocardium* 群集を, 下部は浅海寒流系種の *Spisula sachalinensis* 群集を, 中部は浅海暖流系種の *Venericardia-Glycymeris* 群集を, 上部は浅海~深海寒流系種の *Euspira-Rectiplanes* 群集を産する (馬場, 1990)。本図幅範囲には貝化石はあまり含まれないが, 金原ほか (1949) は, *Ancistrolepis trochoideus*, *Suavodrilina engonia*, *Yoldia lischkei* などを報告した。馬場 (1990) は一宮町本給などから, *Ancistrolepis trochoideus*, *Kogomea novemprovincialis*, *Stenotis smithi*, *Limopsis uwadokoi* などを報告し, *Ancistrolepis trochoideus* 群集を認識した (第 3. 1 表)。

陸沢村史編さん委員会 (1977) によれば, 一宮町一宮 (奥谷) において, オキゴンドウクジラの歯の化石の産出報告がある。

浮遊性有孔虫化石は, *Globorotalia tosaensis* と *Globorotalia truncatulinoides* とを含み, Blow (1969) の N.22 に属する。U2 と U1 の中間より下位の層準では, *G. inflata* を多く含み *Neogloboquadrina pachyderma* や *N. incompta* が少ない層準と, *N. pachyderma* と *N. incompta* を多く含み *G. inflata* が少ない層準が交互に重なる。U2 と U1 の中間の層準では, *G. inflata* を多く含み *N. pachyderma* や *N. incompta* が少ない。この上位では, 急に *N. pachyderma* と *N. incompta* を多く含むようになり, *G. inflata* が少なくなるようになる (五十嵐, 1994)。

珪藻化石については, *Rhizosolenia matuyamai* Burckle の絶滅層準が U2 と U3 のほぼ中間の層準にみられる (0.90 Ma ; Cherepanova et al., 2002)。

石灰質ナンノ化石については, その基準面⑤が U4 の直下の層準にみられる (0.85 Ma ; 佐藤ほか, 1988b)。

#### [古地磁気]

層序全体として逆磁極方向が卓越し, BO-B 逆磁極帯に属し, 松山逆磁極帯に対比されている。

#### [堆積環境]

底生有孔虫化石からは, 梅ヶ瀬層下部 (U6 より下位) は大陸斜面上部~中部に, 梅ヶ瀬層上部 (U6 より上位) は大陸棚下部と推定されている (Kamemaru, 1996)。堆積相からは海底扇状地上部~中部及び大陸斜面上部と推定されている (Katsura, 1984 ; Ito, 1992 ; Ito and Katsura, 1993)。

### 3. 4 国本層 (Ku)

#### [命名]

植田 (1930, 1933) が命名し, 三土 (1937) によって分布が明らかにされた。

#### [模式地]

市原市国本付近の養老川河床 (大多喜地域)。

#### [分布]

養老川沿いの国本付近を中心に, 帯状に北東へ延び陸沢町芝原をへて茂原市猿袋に至る。

#### [層厚]

模式地の養老川沿いで約 350 m。養老川以東では薄くなり, 陸沢町寺崎付近で約 220 m まで減ずる。

#### [層序関係]

下位の主に砂勝ち砂泥互層からなる梅ヶ瀬層を整合に覆い, 上位の柿ノ木台層によって整合に覆われる。

#### [岩相]

三梨ほか (1959) によれば, 模式地の養老川流域では, 2層準の厚い砂層及び砂泥互層と 2層準の厚い泥岩層の重ね合わせからなり, この層序関係は茂原地域でも同様である (石和田ほか, 1971 ; 第 3. 7 図)。

厚い砂層は Ku3 付近の層準の国本層中部と, Ku2 の上位約 50 m よりも上位の国本層最上部の 2層準に発達する (第 3. 8 図)。これら砂層は東へ向かい層厚を減じていくものの, 比較的連続性は良い。砂層の層厚は数 m ~ 数 10 m で, 中礫~巨礫サイズの泥礫を含み, 斜交層理やチャンネル構造がみられる (第 3. 9 図)。また, 砂層の頂部にはコンポリュート葉理がみられる場合が多い。砂泥互層は厚さ数 cm ~ 数 10 cm の極細粒~細粒砂と厚さ数 10 cm ~ 1 m 数 10 cm の泥岩層とからなる泥勝ち互層が主体であり, 一部で等量互層や砂勝ち互層が挟まれる。

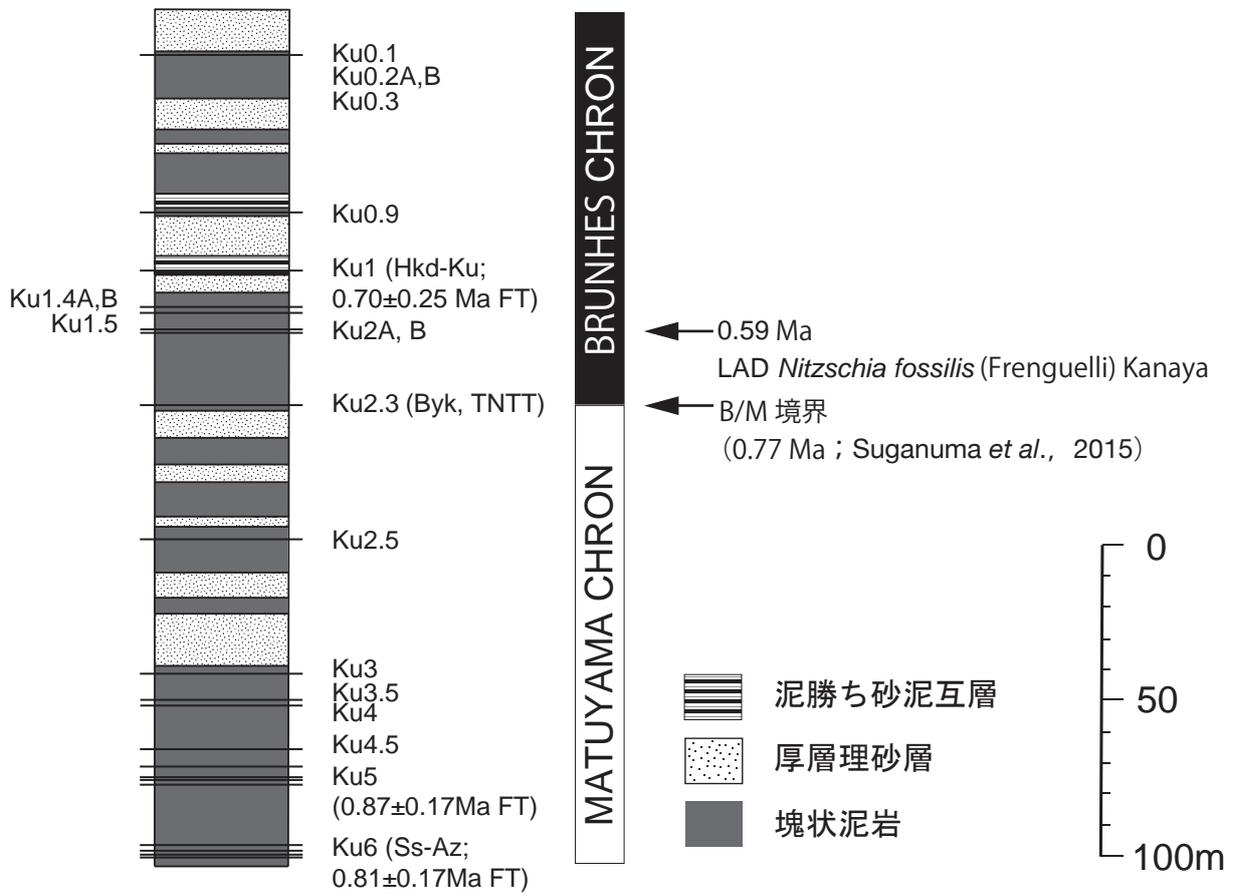
厚い泥岩層は Ku5 付近から下位の国本層最下部と Ku2 の前後数 10 m の 2層準に発達する。厚さ数 m の塊状な砂質泥岩層ないし, 数 m おきに厚さ数 mm ~ 数 cm の極細粒砂層を挟む。

#### [テフラ鍵層]

国本層のテフラは, 金原ほか (1949) により Ku6 ~ Ku1 の示準層名が示され, その後大多喜地域において河井ほか (1950) により Ku6E ~ Ku0.9 の 20 枚のテフラが記載され, 河井 (1952) により茂原地域において Ku0.6, Ku0.3, Ku0.1 が追加された。町田ほか (1980) は Ku0.2, Ku6D' を追加すると共に, 国本層テフラの岩石記載的性質を明らかにした。里口 (1995) は国本層テフラの鉱物組成, 火山ガラスの屈折率を記載した。茂原地域周辺では下位より, Ku6A, B, C, D, D', E, Ku5A, B, C, D, Ku4.5, Ku4, Ku3.5, Ku3, Ku2.5, Ku2.3 (TNTT=BYK を再定義), Ku2A, B, Ku1.5, Ku1.4A, B, Ku1, Ku0.9, Ku0.7 (新称), Ku0.6, Ku0.5 (新称), Ku0.3, Ku0.2AB, Ku0.1 が観察される (第 3. 10 図)。

Ku6 は陸沢町中村 (第 10. 2 図 M50 ; 上総大原地域) 及び同森ノ谷でまとまった産状が観察される。角閃石に富む結晶質テフラである Ku6E 以外は両輝石型の重鉱物

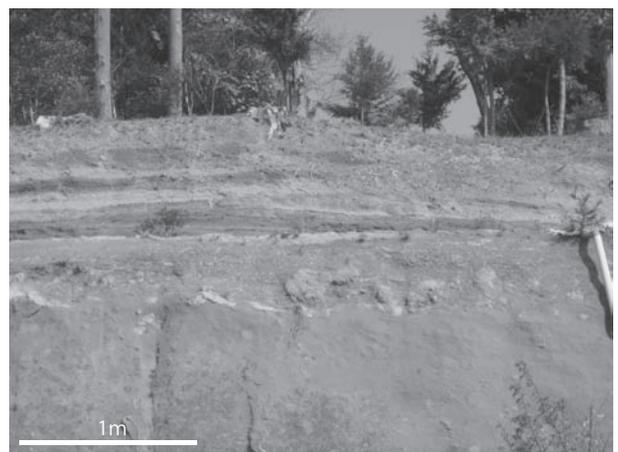
岩相柱状図 テフラ鍵層 古地磁気層序 微化石層序  
(Cherepanova et al., 2002)



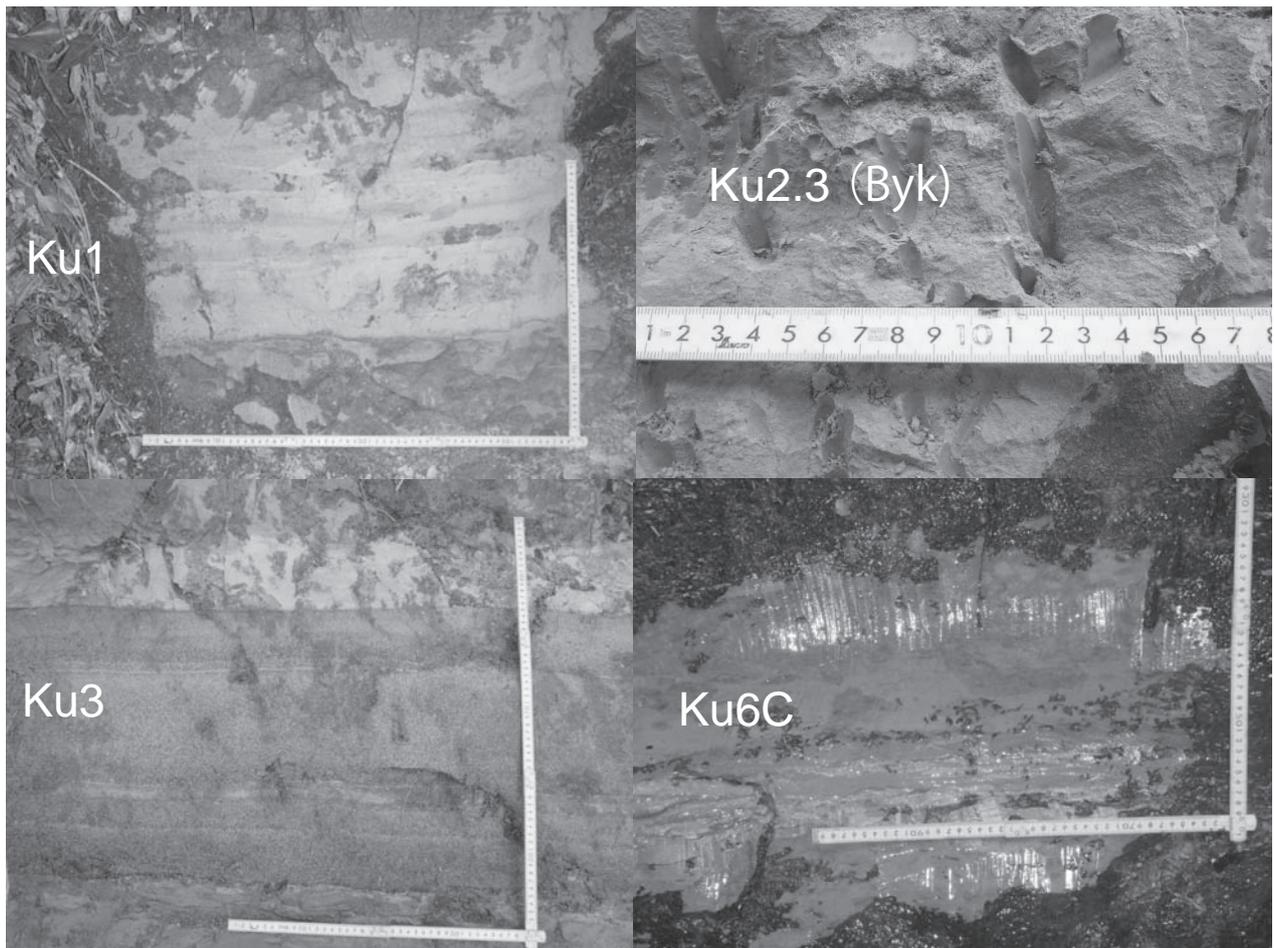
第 3. 7 図 国本層の層序総括図



第 3. 8 図 国本層上部 Ku0.9 層準の厚層砂層と泥勝ち砂泥互層の複互層  
撮影地：長南町市野々



第 3. 9 図 国本層上部の厚層砂層中のチャネル構造及び充填堆積物  
撮影地：陸沢町北山田



第3. 10 図 国本層の主要テフラの露頭写真

Ku1 (左上)：長南町豊原；スケールの縦が40 cm，横が60 cm。Ku2.3 (右上)：陸沢町堰谷。Ku3 (左下)：陸沢町佐貫；スケールの縦が60 cm，横が40 cm。Ku6C (右下)：陸沢町中村；スケールの縦が30 cm，横が40 cm。

組成であり，Ku6D，B，Aは軽石質結晶質テフラ，Ku6D'，Cはガラス質テフラである。Ku6D'の火山ガラスは，Ku6Dとほぼ同じ屈折率及び主成分化学組成を示す(第10. 6表)。

Ku6Cは大阪層群の第3海成粘土層(Ma3)に挟まれるアズキ火山灰及び九州北部の猪牟田カルデラを給源とする今市火砕流堆積物に対比される(鎌田ほか，1994)広域テフラであり，猪牟田アズキテフラ(Ss-Az)とも呼ばれ(町田・新井，2003)， $870 \pm 20$  kaのFT年代が得られている。Ku6Cは新妻(1976)による古地磁気層序及び鈴木・杉原(1983)，檀原・渡辺(1994)により年代値の測定されたテフラとの層序関係からハラミロ正磁極亜帯の逆帯磁極期(0.78～0.99 Ma；Berggren *et al.*，1995)に堆積したとされており，更に，今市火砕流堆積物の噴出年代は，同火砕流堆積物及び下位の耶馬溪火砕流堆積物，上位の由布川火砕流堆積物(星住ほか，1988)の放射年代値，自然残留磁化方位から約0.9 Maと推定されている(鎌田ほか，1994)。

Ku6Aは，ゼータ較正法で補正したFT年代値として $0.81 \pm 0.17$  Maが報告されている(渡辺・檀原，1996)。

Ku5は陸沢町森ノ谷西(第10. 2図M49)でまとまった産状が観察される。Ku5Dはスコリア質テフラ，Ku5Cは軽石質結晶質テフラ，Ku5Bは角閃石に富む軽石質結晶質テフラ，Ku5Aはガラス質テフラである。Ku5Aの火山ガラスは町田ほか(1980)によって指摘されたように広い屈折率レンジを有し(第10. 1表(b))，主成分化学組成も2つのクラスタに分かれる特徴を持つ(第10. 6表)。Ku5Bには， $0.87 \pm 0.17$  MaのFT年代値が報告されている(鈴木・杉原，1983)。

Ku2A，Bの下位に挟まれる白色ガラス質テフラであるTNTT(Niitsuma，1971；新妻・藤井，1984)もしくは白尾火山灰層(BYK；Satoguchi，1996，町田・新井，2003)は，前期中期更新世境界であるブリュンヌ(Brunhes) / 松山(Matuyama)磁極期境界(0.77 Ma；Suganuma *et al.*，2015)直上に位置する(Aida *et al.*，1996)。このテフラは，竹下ほか(2005)により古期御

岳火山のHサブステージのYUT4もしくはYUT5に対比され、その後YUT5に対比された(加藤ほか, 2014; Takeshita *et al.*, 2015). TNTTはOkada and Niitsuma (1989)により長南町小生田まで追跡されていたが、更に北東の睦沢町馬場(第10.2図M44)、睦沢町堰谷においても確認された。睦沢町堰谷では下位にKu2.5が認められることから、本テフラは国本層テフラとしてはKu2.3と新たに命名する。

Ku1火山灰層は大阪層群の今熊I(町田ほか, 1980)、八甲田第1期火砕流堆積物に対比される広域テフラであり、八甲田国本テフラ(Hkd-Ku)と命名されている(鈴木, 2004; Suzuki *et al.*, 2005)。FT法で $0.70 \pm 0.25$  Ma(鈴木ほか, 1998)が報告されている。

Ku1より上位のKu0.9~Ku0.1は長南町市野々下、熊野上(姉崎地域)、茂原市立木南方、下永吉及び睦沢町北山田寺崎新田で観察される。これらのうちKu0.6とKu0.2Bはそれぞれ角閃石と高温型石英に富む点で特徴的である。Ku0.7とKu0.5は立木南方でKu0.6の上下に認められる層厚数cm未満のテフラで、東方の北山田寺崎新田まで追跡できる。

#### [古地磁気]

Okada and Niitsuma (1989)は、ブリュンヌ正磁極期-松山逆磁極期境界を養老川西方の矢那川、養老川東方の平蔵川・長南付近において詳細に検討した。Ku2.3(BYK: TNTT)の直下約1~2m付近を境に、この下位は逆磁極方向が卓越するBO-B逆磁極帯に属し、松山逆磁極帯に対比される。この上位は正磁極方向が卓越し、BO-A正磁極帯に属し、ブリュンヌ正逆磁極帯に対比されている(Okada and Niitsuma, 1989)。この他、Ku6付近の層準、Ku5のやや上位の層準、Ku2.3のやや下位の層準にも正磁極方向が報告されている(新妻, 1976)。

#### [化石]

大西(1969)によれば花粉化石は以下のような変化がみられる。Ku2.3付近に発達する泥岩層の基底を境に種の構成が変わる。このうち下部はZone 3に属し、*Metasequoia*と*Picea A*が検出されるが産出率は低い。*Fagus*、*Quercus*などの広葉樹種が多く含まれる。上部はZone 4に属し、*Fagus*、*Quercus*などの広葉樹種が安定してみられる。*Metasequoia*は全く含まれない。*Picea A*もこのzoneの最下部にわずかにみられる程度である。下位からみえてくると*Larix*や*Menyanthes*などの寒冷要素がはじめて現れる(大西, 1969)。大型の植物化石については、Ku2付近よりマンシュウグルミが出現する(楡井, 1988)。

貝化石については、坂倉(1935a, b)、金原ほか(1949)、河井ほか(1950)、成瀬(1973)、氏原(1986)、馬場(1990)などによる報告がある。金原ほか(1949)は、茂原付近の本層から、*Boreoscala densicostata*、*Ancistrolepis trochoideus*、*Suavodrillica engonia*、*Nuculana ikebei*、



第3.11図 国本層の泥岩層中における巻貝化石 *Volutopsis hirasei* の産状  
撮影地：睦沢町佐貫(付図のLoc. 3-18)

*Yoldia lischkei*、*Limopsis uwadokoi*、*Macoma calcarea*などを報告し、*Clio*、*Diacria*、*Cavolinia*などの浮遊性貝類も含むとした。馬場(1990)によれば、本層の貝化石群集は*Limopsis-Ancistrolepis*群集にまとめられた。馬場(1990)は、茂原地域内の長南町上永吉の本層下部から*A. trochoideus*、*Euspira pallida*、*L. uwadokoi*など、長南町、睦沢町、茂原市における本層上部から*A. trochoideus*、*Rectiplanes sanctioannis*、*Ringuhdrillia mediocarinata*などを報告し(第3.1表)、*Limopsis-Ancistrolepis*群集として認識した。そのほかに睦沢町佐貫から*Euspira plicispira*や*Portlandia lischkei*、*Volutopsis hirasei*が見つかる(第3.1表; 第3.11図)。

浮遊性有孔虫化石は、*Globorotalia tosaensis*と*Globorotalia truncatulinoidea*とを含みBlow(1969)のN.22に属する。また、Ku2.3よりも下位では、*Neogloquadrina pachyderma*と*N. incompta*を多く含み*G. inflata*が少ない。ただし、Ku6付近の層準では*G. inflata*をやや多く含み*N. pachyderma*や*N. incompta*がやや少ない。Ku2.3からKu2のやや上位の泥岩層の発達する層準では、*G. inflata*を多く含み*N. pachyderma*や*N. incompta*が少ない。ただし、Ku2の直下の層準では、*N. pachyderma*、*N. incompta*を多く含み*G. inflata*が少ない。Ku2のやや上位以上の層準では、*N. pachyderma*、*N. incompta*、*G. inflata*はほぼ同様な産出頻度である。ただし、Ku2のやや上位付近では、*N. pachyderma*、*N. incompta*を多く含み*G. inflata*が少ない(五十嵐, 1994)。

珪藻化石については、*Nitzschia fossilis*(Frenguelli) Kanayaの絶滅層準が中部のKu2付近の層準にみられる(0.59 Ma; Cherepanova *et al.*, 2002)。

石灰質ナンノ化石については、基準面⑤と④との間に位置する種を産する(佐藤ほか, 1988b)。

睦沢村史編さん委員会(1977)によれば、睦沢町佐貫

馬場の国本層上部からマンモス（ムカシマンモス？）の骨が、岩ノ谷の国本層下部からはナガスクジラの骨が発見されている。この化石は陸沢町歴史民俗資料館に保管されている。また、茂原市立木でもクジラ化石が見つっており、国本層からの産出と推定される。

**【堆積環境】**

底生有孔虫化石から陸棚環境と推定されている（Kamemaru, 1996）。堆積相からは大陸斜面～大陸棚縁辺部ないし海底扇状地上部の海底谷付近と推定されている（Katsura, 1984；Ito, 1992；Ito and Katsura, 1993）。

**3.5 柿ノ木台層（Ka）**

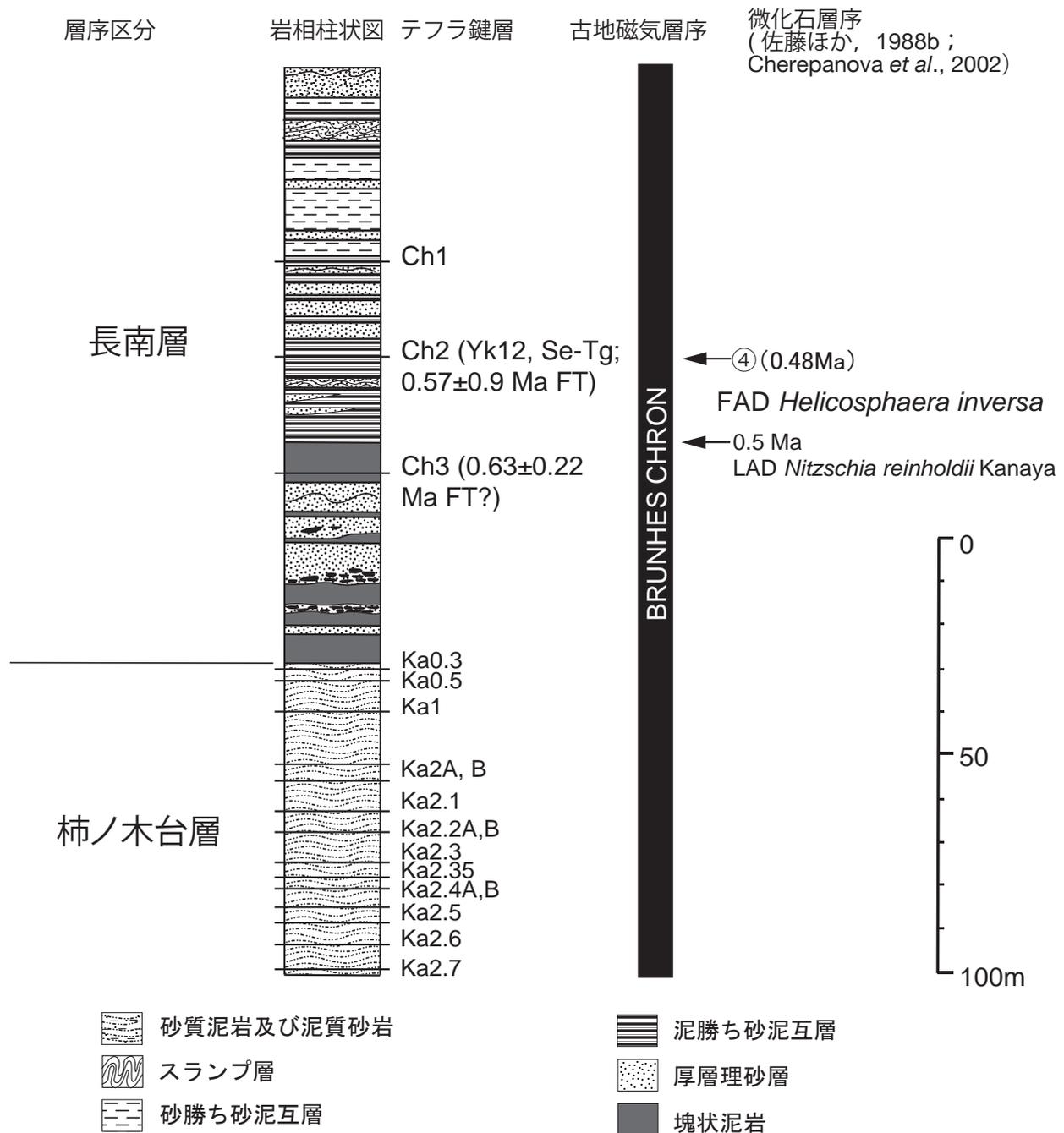
**【命名】**

植田（1930, 1933）が命名し、三土（1937）によって分布が明らかにされた。その後、徳橋・遠藤（1984）が柿ノ木台層の上限を再定義した。

**【模式地】**

養老川流域の市原市柿ノ木台（大多喜地域）。

**【分布】**



第3.12図 柿ノ木台層及び長南層の層序総括図

養老川沿いの柿ノ木台付近を中心に、帯状に北東へ延び平蔵川上流の小草畑、植生川上流部の長南町報恩寺をへて、茂原市下永吉に至る。

#### 【層厚】

養老川沿いの模式地で最も厚い。茂原市下永吉付近で70 mである。

#### 【層序関係】

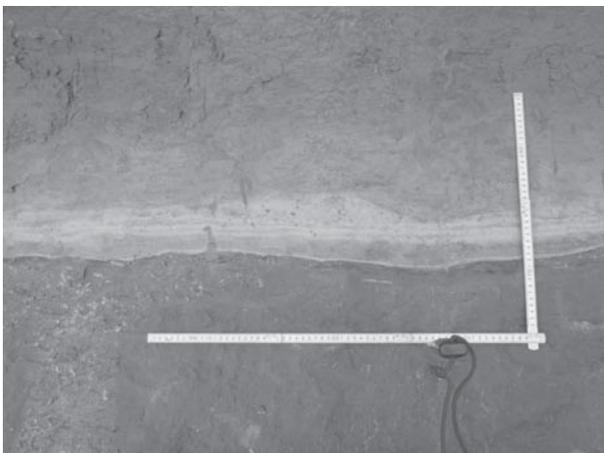
下位の国本層との境界は明瞭であり、国本層最上部の厚い砂層の上に整合に載る。上位の長南層との関係は、本層最上部の砂質泥岩及び泥質砂から長南層最下部の塊状泥岩に変わるが、やや漸移的な場合もある(第3. 12図)。

#### 【岩相】

柿ノ木台層は、主に弱い層理がみられる砂質泥層からなる。これに厚さ数 mm の粗粒砂泥～極細粒砂の薄層が挟在されるが、これらが生物擾乱によって不明瞭に見える(第3. 13図)。本層は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む。

#### 【テフラ鍵層】

柿ノ木台層のテフラは、金原ほか(1949)によりKa2, Ka1が示準層として示され、河井(1952)はKa2.6～Ka0.5の11層のテフラを記載した。茂原地域周辺では下位よりKa2.7(河井, 1952のKa2.6を再定義)、Ka2.6(徳橋・遠藤, 1984)、Ka2.5, Ka2.4A, B, Ka2.35, Ka2.3, Ka2.2A, B, Ka2.1, Ka2A, B, Ka1, Ka0.5, Ka0.3(新称)が観察され、Ka2.5, Ka2.4A, B, Ka2A, B, Ka1(第3. 13図)がよく連続する。君津市久留里周辺(大多喜地域)で三梨ほか(1959)がゴマシオテフラとして記載し、町田ほか(1980)がスコリアとして報告したKa0.1は、斜方輝石と火山ガラスの屈折率の一致から、河井(1952)及び千葉県教育委員会(1988)のKa0.5と



第3. 13図 柿ノ木台層の砂質泥岩層及びKa1テフラの層相  
撮影地：長南町小沢(付図のLoc. 3-14)

同一と考えられる(第10. 1表(a))。一方、茂原地域内ではKa0.5の上位5～7 mに層厚数 cmの黑色スコリア層が追跡され、Ka0.3と新称する。

Ka1は鈴木ほか(2001)により東北日本の火山起源の可能性が指摘されており、水野・納谷(2011)が示した火山ガラスのICP分析値ではLa/Y比は0.37を示す。FT法を用いた本テフラの年代値として、 $1.3 \pm 0.3$  Maが報告されている(徳橋ほか, 1983)が、この年代値はやや信頼性が低い。

#### 【古地磁気】

全体が正磁極方向であり、BO-A正磁極帯に属し、ブリュンヌ正磁極帯に対比されている(新妻, 1976)。

#### 【化石】

植物化石のうち花粉化石は、Zone 5に属し*Cryptomeria*が優勢である(大西, 1969)。

貝化石は、坂倉(1935a, b)、金原ほか(1949)、成瀬(1973)、氏原(1986)、馬場(1990)による報告がある。馬場(1990)によれば、小櫃川-長南地域においては*Limopsis-Buccinum*群集からなり、それより東方にあたる茂原地域周辺では*Limopsis-Ancistrolepis*群集に変わるとされた。茂原地域周辺では、金原ほか(1949)により、*Lunatia*, *Volutopsius*, *Ancistrolepis trochoideus*, *Antiplanes*, *Limopsis uwadokoi*など親潮潜流性の深海性の群集に*Turricula hirasei*, *Fusitriton*, *Limopsis tajimae*などの親潮潜流性上縁の躍層の群集が混在しているという報告がなされた。また、馬場(1990)は茂原地域の長南町や茂原市から、*Euspira pallida*, *A. trochoideus*, *Fulgoraria smithi*, *Acila divaricata*, *L. uwadokoi*, *Periploma plane*などの*Limopsis-Ancistrolepis*群集を報告した(第3. 1表)。*Limopsis uwadokoi*は大山(1951)により、茂原市早野に分布する本層を模式地として記載された種であり、茂原地域から多く見つかっている(第



第3. 14図 柿ノ木台層の砂質泥岩層中の二枚貝化石*Limopsis uwadokoi*の産状  
撮影地：長南町小沢(付図のLoc. 3-14)

3. 14 図). そのほか *Euspira plicispira* や *Ranella galea* が茂原市綱島から見つかっている (第 3. 1 表).

浮遊性有孔虫化石は, *Globorotalia tosaensis* と *Globorotalia truncatulinoides* とを含み Blow (1969) の N.22 に属する. *Neogloboquadrina pachyderma*, *N. incompta*, *G. inflata* がほぼ同様な産出頻度である層準と, *N. pachyderma*, *N. incompta* を多く含み *G. inflata* が少ない層準が繰り返す (五十嵐, 1994).

珪藻化石については, *Nitzschia reinholdii* Kanaya の絶滅層準よりも下位で, *Nitzschia fossilis* (Frenguelli) Kanaya の絶滅層準よりも上位に位置する種を産する (Cherepanova *et al.*, 2002).

石灰質ナノ化石については, 基準面⑤と④との間に位置する種を産する (佐藤ほか, 1988b).

#### [堆積環境]

底生有孔虫化石から大陸棚 (Kamemaru, 1996), 堆積相からは暴浪時に影響を受ける陸棚ないし陸棚縁相と推定されている (Katsura, 1984; Ito, 1992; Ito and Katsura, 1993; 堀川ほか, 2001).

### 3. 6 長南層 (Ch)

#### [命名]

三土 (1933) によって命名. 三土 (1937) によってその分布が明確化された. その後, 徳橋・遠藤 (1984) が長南層の下限を再定義した.

#### [模式地]

長生郡長南町付近 (姉崎地域).

#### [分布]

長南町長南を通り茂原市石神から茂原公園に至る.

#### [層厚]

模式地の長南町長南付近において 175 m, 茂原市石神周辺で 150 m の層厚を持つ.

#### [層序関係]

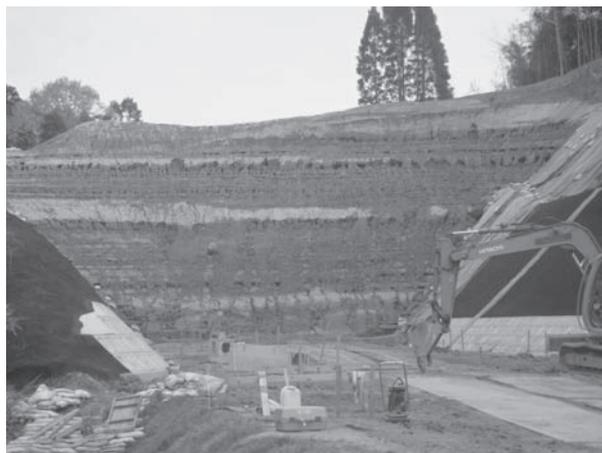
下位の柿ノ木台層を整合に覆い, 笠森層に上方漸移する.

#### [岩相]

本層は上・中・下部に区分され, 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, 側方に向かって層厚変化が著しい厚いレンズ状の砂層やスランプ層を伴う (第 3. 12 図, 第 3. 15 図, 第 3. 16 図). おおむね, 全層準にわたって, 西方に向かって明瞭に砂質化, 厚層化する傾向がある.

下部は均質塊状な細～中粒泥岩を主体とし, 厚いレンズ状砂層を挟む. 厚い砂層は雲母を多く含む細粒砂を主体とし, 厚さ数 m の大型斜交層理がみられる. この砂層は東方ほど薄くなる.

中部は主に泥勝ち砂泥互層からなり, 薄いスランプ層を頻繁に挟む.



第 3. 15 図 圏央道工事現場に出現した長南層の砂勝ち砂泥互層  
撮影地: 長南町坂本



第 3. 16 図 長南層上部のスランプ堆積物  
撮影地: 長南町米満 (スケールの縦が 60 cm, 横が 40 cm).

上部は主に砂勝ち砂泥互層からなり, 大小のスランプ層を多く挟む. 砂泥互層は厚さ数 cm ～数 10 cm の細粒砂～極細粒砂層と厚さ数 cm ～1 m 程度の泥勝ち互層である.

#### [テフラ鍵層]

長南層のテフラは河井 (1952) により下位より, Ch3, Ch2, Ch1 が記載されており, 茂原地域においてもよく連続する (第 3. 3 図). これらはいずれも白色のシルトサイズ～極細粒砂サイズのガラス質テフラであり地層中で識別が容易である. Ch3 と Ch1 は多孔質ガラスを主とし, 単一ユニットからなることが多いが, Ch2 は中間型～平板型ガラスを主とし, 黒雲母に富み, 下部に褐色ガラス質テフラユニットを挟むなど複数のユニットからなる特徴がある.

君津市愛宕山 (大多喜地域) における長南層中部の泥

炭質泥岩層中の Ch2 (町田ほか, 1980) の上位には角閃石に富む径 1 ~ 2 mm の白色軽石層が挟在し, Ch1.5 と命名された (東京港地下地質研究会火山灰グループ, 2000; 竹下ほか, 2005). 今回の調査では, 茂原地域において Ch1.5 は確認できなかった. 更に, 小松原 (2014) は, 大多喜地域で Ch2 と Ch3 の間から 2 層のテフラを報告したが, 茂原地域では確認できなかった. 一方, 茂原市茂原公園 (第 10. 1 図 M24) 及び長南町坂本上では, 両輝石型の Ch1 の直上に角閃石に富む白色軽石が散在するため, これを Ch0.9 として記載した.

Ch3 からは,  $0.63 \pm 0.22$  Ma (鈴木・杉原, 1983),  $0.91 \pm 0.21$  Ma (徳橋ほか, 1983) の FT 年代値が報告されているが, これらの値はやや古すぎると理解される.

Ch2 は火山ガラスの微量元素組成等により大阪層群の<sup>つが</sup>梅火山灰, 広島県西条盆地の<sup>おかこう</sup>岡郷火山灰層, 大分県の<sup>せい</sup>誓願寺軽石層と対比され (町田ほか, 1981; 水野ほか, 1989; 吉川ほか, 1991 など), 誓願寺-梅テフラ (Se-Tg) と定義されている (町田・新井, 1992, 2003). 岡郷火山灰層では  $0.57 \pm 0.09$  Ma のフィッシュトラック年代 (東元ほか, 1985) が得られており, 誓願寺軽石層, 梅火山灰では層序的にそれぞれ 0.65 Ma (石塚ほか, 2005), 0.61 ~ 0.62 Ma (町田・新井, 2003) の年代が推定されている.

中里ほか (2003) は銚子地域で掘削された犬吠層群のボーリングコアのテフラ層序を検討し, 横根層の Yk12 その上下のテフラを火山ガラスの屈折率から Ch3, Ch2, Ch1 に対比した. Kameo *et al.* (2006) は同コアから得られた酸素同位体比曲線を検討し, Yk12 層準の寒冷ピークを MIS 16 に対比した. これによると長南層の堆積年代は, MIS 16 の寒冷期に相当する.

#### [古地磁気]

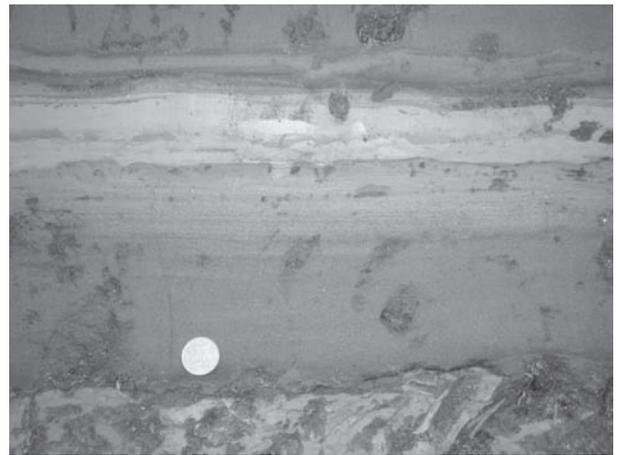
全体が正磁極方向であり, BO-A 正磁極帯に属し, ブリュヌ正磁極帯に対比されている (新妻, 1976).

#### [化石]

植物化石のうち花粉化石は Zone 6 に属し, *Picea*, *Abies*, *Tsuga* などの針葉樹種が優勢であり, *Larix* や *Menyanthes* などの寒冷要素も検出される (大西, 1969).

本層の貝化石は, 大山 (1952), 成瀬 (1959), 馬場・青木 (1980), 馬場 (1990) によって報告された. 本層の貝化石群集は, 馬場 (1990) により, *Turritella nipponica* 群集, *Macoma calcarea* 群集, *Callithaca-Macoma* 群集にまとめられた. 茂原地域からは, *Turritella nipponica*, *Macoma calcarea* を代表とする群集が認められた (金原ほか, 1949; 大山, 1952; 馬場, 1990). いずれも寒流系の貝化石群集である. 茂原地域においては, 茂原市上茂原から *T. nipponica* が見つまっている (馬場, 1990; 第 3. 1 表).

浮遊性有孔虫化石は, *Globorotalia tosaensis* と *Globorotalia truncatulinoides* を含み Blow (1969) の N.22



第 3. 17 図 長南層中に認められるハイパーピクナル流で生じた砂層  
撮影地: 長南町坂本 (コインの直径は 2.65 cm).

に属する (五十嵐, 1994).

珪藻化石については, *Nitzschia reinholdii* Kanaya の絶滅層準 (0.5 Ma) が長南層中にみられる (Cherepanova *et al.*, 2002).

石灰質ナノ化石については, 基準面⑤と④との間に位置する種を産する (佐藤ほか, 1988b). Kameo *et al.* (2006) は, 犬吠層群において Ch2 に対比される Yk12 の直上に生層序面④ (0.48 Ma) を認定した.

#### [堆積環境]

底生有孔虫化石から Open Bay と推定されている (Kamemaru, 1996). 堆積相からは暴浪時に強く影響を受ける陸棚環境と推定されている (Katsura, 1984; Ito, 1992; Ito and Katsura, 1993). 特に, 側方に向かって著しく防縮するタービダイト砂層は, 陸棚外縁三角州前縁で形成された洪水イベント起源のハイパーピクナイトと解釈されている (布施ほか, 2013; 第 3. 17 図).

### 3. 7 笠森層 (Ks)

#### [命名]

三土 (1933) によって命名. 三土 (1937) によってその分布が明確化された.

#### [模式地]

長生郡長南町笠森周辺 (姉崎地域).

#### [分布]

模式地の長南町笠森から東方に向かって厚層化し, 茂原市北西部に広域に露出する.

#### [層厚]

模式地の長南町笠森付近で約 240 m, 茂原市北部付近では約 300 m と見積もられる.

#### [層序関係]

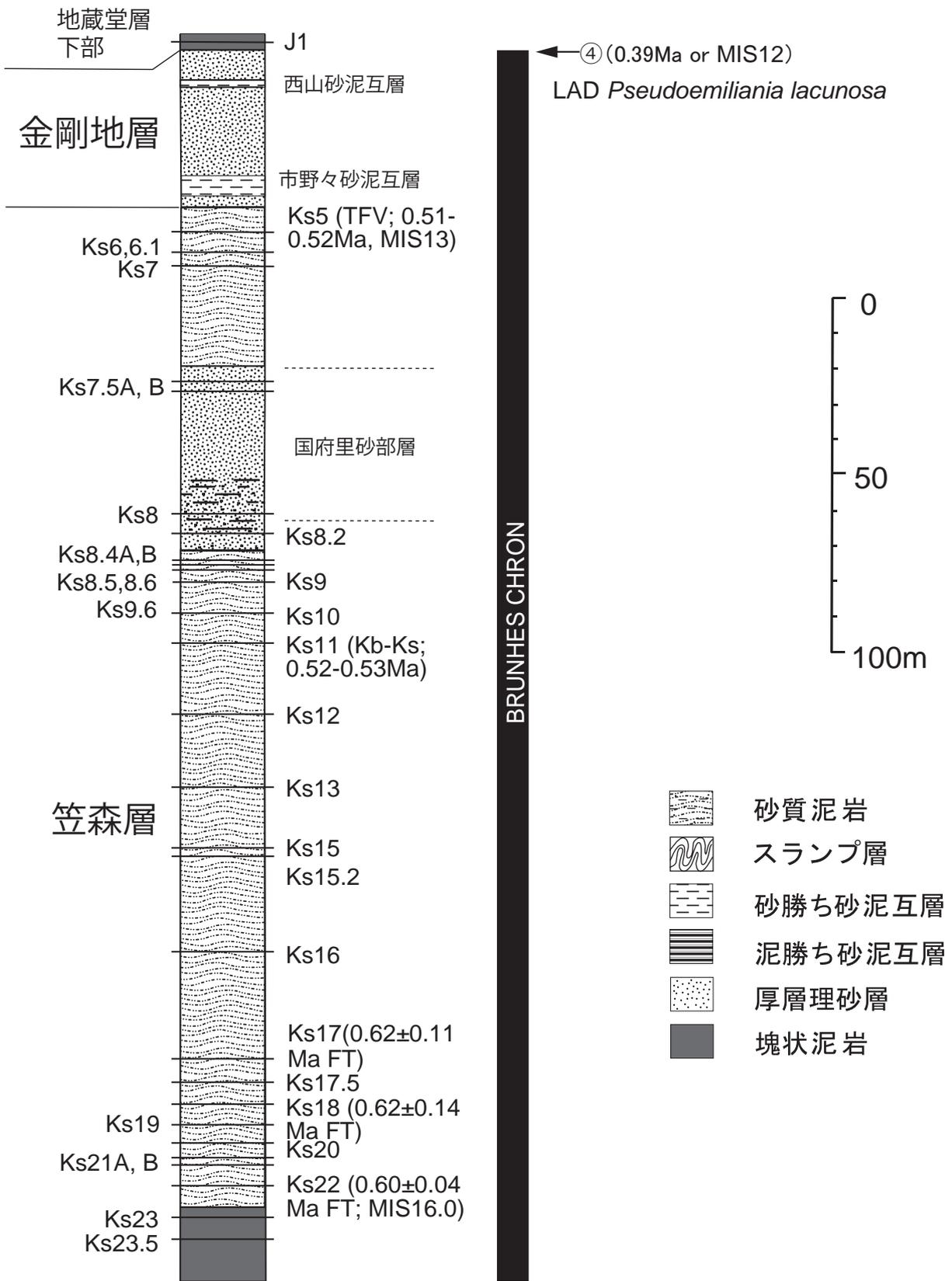
下位の長南層に整合に重なる. 上位の金剛地層には上

岩相柱状図

テフラ鍵層

古地磁気層序

石灰質ナノ化石層序  
(佐藤ほか, 1988b)



第 3. 18 図 笠森層及び金剛地層の層序総括図.

方粗粒化し漸移する（第3. 18 図）。

笠森層をめぐる地層区分は、房総半島の西～中部とは層相的に大きく異なっている。馬場・青木（1980）及び Aoki and Baba（1980）は、笠森層と長南層の境界は、万田野砂礫層（大多喜～姉崎地域）の基底と定義していたが、茂原地域では万田野砂礫層がせん滅してしまうことから、この層序の適応は難しい。徳橋・遠藤（1984）は、「長南層の砂泥互層の上限をもって笠森層と長南層の境界とする」との見解を示したが、本報告でもこれを踏襲する。また、河合（1952）は笠森層とその上位層である金剛地層を不整合関係としたが、本報告では徳橋・遠藤（1984）にしたがって、笠森層と金剛地層は整合漸移関係とし、金剛地層を累層として独立させて扱うことにする。

#### 〔岩相〕

笠森層は主に砂質泥～泥質細粒砂層からなり、塊状または弱い水平な層理がみられる。層理は厚さ数 mm ～数 cm の極細粒砂が挟まりこれが生物擾乱などによってぼやけて見える。一般に東側ほど細粒化する傾向がある。また、養老川付近の笠森層には、3 層準によく連続する厚層な砂礫層が観察されることが知られている（徳橋・遠藤, 1984）。このうち、最上位の国府里砂部層は茂原地域に広域に露出するため（第3. 19 図）、別途項をあらためて記載することにする。

笠森層の主要な岩相は、種々の生痕が全面に発達して不均質であるにもかかわらず、全体として塊状の未固結泥質細粒砂ないし砂質泥岩である。人工的に加工しやすい地層であるため、人家の裏等で小規模な露頭がみられる場合が多い。新鮮な露頭面では青灰色を呈し、表面が乾燥すると白色や灰色を呈する。ぼやけた塊状を呈するために、火山灰層が挟まれている場合には遠くからでも識別しやすい。徳橋・遠藤（1984）は、笠森層の露頭での表面の特徴から、野外では、“あばた”、“べたかべ”、“もやもや互層”あるいは“ふきながし状あばた”などと名づけ、岩相上更に区別した。これらの岩相のうち、“あばた”と“べたかべ”が茂原地域において観察される代表的な岩相である。すなわち、“あばた”とは、生物擾乱によって、砂質部分と泥質部分が複雑に分布し、その結果、表面に不規則な凹凸模様が観察される場合で、砂質部分が凹部を形成する。笠森層の中では、比較的シルト質な岩相である。一方、“べたかべ”とは、全体に生物擾乱の発達が顕著であるにもかかわらず、表面がのっぺりしている場合で、表面全体が少しまるみを帯びており、笠森層の中ではかなり砂質な岩相である。

最下部には、上記の岩相とは異なり、より細粒な厚さ 20 m 程度の塊状泥岩が観察される。北東部の笠森層には、どの岩相にも現地性の貝化石が頻繁に観察される。更に層準によっては、円盤状や層状の石灰質ノジュールが観察されることがある。



第3. 19 図 笠森層上部の大露頭  
撮影地：茂原市本納本納小学校裏。

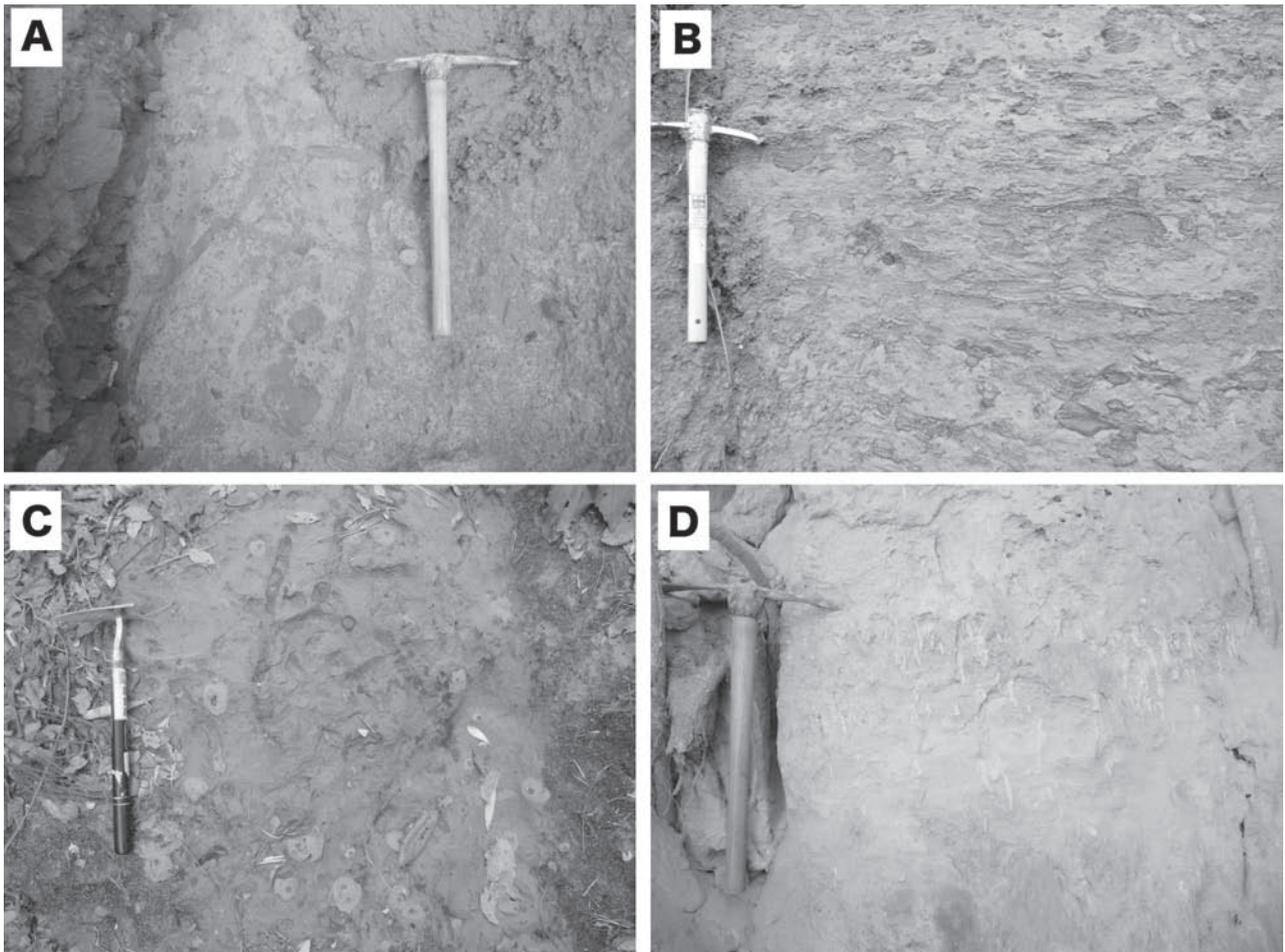
生痕化石については、泥質な堆積物からは *Thalassinoides* isp. や *Teichichunus* isp. が、砂質な堆積物からは *Rosselia socialis* がよく観察される（第3. 20 図 A-D）。特に *Rosselia socialis* や *Teichichunus* isp. は密集した産状を示すことが特徴的である。また、*Rosselia socialis* は産地によって太さが変化しており、5 cm 程度の個体が密集した産状（第3. 20 図 C）や、1 cm 程度の個体が密集した産状（第3. 20D 図）がみられる。

#### 〔テフラ鍵層〕

笠森層テフラは下位より、Ks23.5, Ks23, Ks22, Ks21A, B, Ks20.5, Ks20, Ks19A, B, Ks18, Ks17.5, Ks17, Ks16, Ks15, Ks14, Ks13, Ks12, Ks11.8, Ks11.5A, B, Ks11.2, Ks11, Ks10, Ks9.4, Ks9, Ks8.5, Ks8, Ks7.8, Ks7.5A, B, Ks7.3, Ks7.03, Ks7, Ks6.1, Ks6, Ks5 が記載されている（河井, 1952；石和田ほか, 1971；町田ほか, 1980；徳橋・遠藤, 1984）。茂原地域周辺では Ks20.5, Ks19A, Ks11.8, Ks11.5A, Ks9.4, Ks7.8, Ks7.3 以外のテフラを確認し、新たに Ks15.2, Ks9.6, Ks8.6, Ks8.4A, B, Ks8.2 を認定した（第3. 18 図）。これらのテフラ鍵層の大部分は、厚さが数 cm から 30 cm の薄層であるが、最上位の Ks5 は 70 ～ 100 cm の厚さを有し、他のテフラ鍵層に比べて特に厚く露頭でもよく目立つ（第3. 21 図）。

Ks23.5, Ks23 は、Ks22 と笠森層基底との間に見出される最下部の塊状泥岩中の火山灰層である。茂原市上茂原において、Ks23.5 は、厚さ 0 ～ 3 cm の細 - 中粒砂サイズのゴマシオ状火山灰層で、Ks23 の約 10 m 下位に見出される。Ks23 は、厚さ 0 ～ 5 cm の細 - 中粒砂サイズのスコリア層で、Ks22 の約 10 m 下位に見出される。

Ks22 は中部地方に分布する上室火砕流堆積物（KMT）に起源を持つ貝塩上室テフラと対比され（鈴木, 2000）、FT 年代は  $0.60 \pm 0.04$  Ma（渡辺・檀原, 1996）とされる。



第3. 20 図 笠森層からみられる生痕化石の産状

A: *Thalassinoides* isp. の産状 (茂原市上太田: 付図の Loc. 3-5). ツルハシの長さは 45 cm. B: *Teichichunus* isp. の産状 (茂原市押日: 付図の Loc. 3-9). ツルハシの長さは 40 cm. C: 国府里砂部層における *Thalassinoides* isp. と *Rosselia socialis* の層理面の産状 (茂原市上太田: 付図の Loc. 3-6). 鎌の長さは 40 cm. D: 国府里砂部層における *Rosselia socialis* の産状 (茂原市上太田: 付図の Loc. 3-4). C の産地の *Rosselia* よりも個体が細い. ツルハシの長さは 45 cm.

MIS 16.0 (0.62 Ma; Bassinot *et al.*, 1994) に対比される (第 3. 21 図).

Ks18 は南九州の加久藤<sup>かくとうひわき</sup>層火砕流に起源を持つ樋脇テフラ (Hwk) に対比され (町田・新井, 1992, 2003), K-Ar 法により  $0.57 \pm 0.03$  Ma,  $0.58 \pm 0.03$  Ma の年代値が報告されている (町田・新井, 2003). FT 年代は,  $0.62 \pm 0.14$  Ma が報告されている (徳橋ほか, 1983). 本テフラは, 茂原市小林 (第 10. 1 図 M17) や長尾では下部が極細粒砂サイズ, 上部が細粒砂サイズを示す 2 層構造を示す. この上部ユニットが粗い 2 層構造は, 菅沼ほか (2003) が Ks18 と対比した伊那層群久米火山灰の特徴として指摘した堆積構造と一致する.

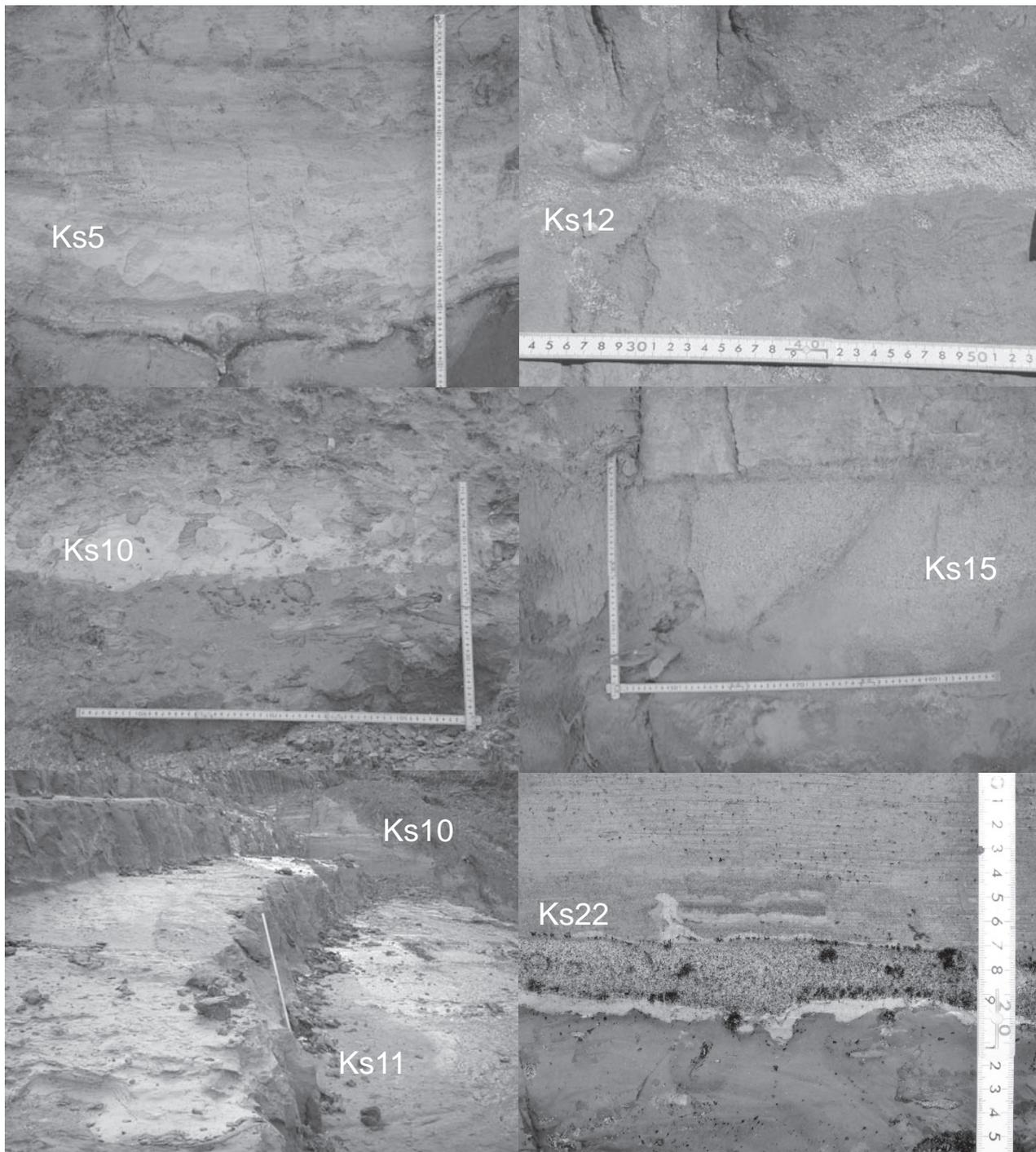
Ks17 は角閃石に富む結晶質ガラス質テフラで, FT 年代は  $0.62 \pm 0.11$  Ma が得られている (鈴木・杉原, 1983).

Ks16 は比較的低屈折率の斜方輝石を含む軽石質テフ

ラであるが (町田ほか, 1980), わずかに高屈折率の斜方輝石とピジョン輝石を含む特徴がある.

Ks12 は角閃石に富む軽石質結晶質テフラで, 茂原地域の笠森層中で最もよく連続する (第 3. 21 図). 古期御岳火山の上浦沢火山灰層 (KZT) に対比され, その噴出源は古期御岳火山であると推定されている (竹下ほか, 2005).

ガラス質テフラである Ks11 (第 3. 21 図) は大阪層群のサクラ火山灰, 相模層群の屏風ヶ浦 2 (By2) 火山灰と (町田ほか, 1980), 古琵琶湖層群の上仰木 1 火山灰層に対比される (里口・服部, 2008). 更に町田・新井 (1992) は, この火山灰の給源が南九州の小林カルデラであるとし, これを小林笠森テフラ (Kb-Ks) と定義した. 小林笠森テフラからは多数の FT 年代が報告されており (町田・新井, 1992), 町田・新井 (2003) はこれらを総括し  $0.52 \sim 0.53$  Ma と考えた. 白井 (2001)



第3. 21 図 笠森層中に認められる広域テフラの産状

Ks5 (左上)：茂原市大沢。Ks10 (左中)：茂原市国府関；スケールは縦 40 cm，横 60 cm。Ks11 (左下)：茂原市長生の森公園；スケールは 1 m。Ks12 (右上)：茂原市国府関。Ks15 (右中)：茂原市本納。Ks22 (右下)：茂原市箕輪。

は Ks11 が MIS 13.3 の層位にあると推定した。一方，Kameo *et al.* (2006) 及び中澤ほか (2009) では Ks11 の層位を MIS 14 としている。

Ks10 は古琵琶湖層群の上仰木Ⅱ火山灰層に対比されており (里口・服部, 2008)，主成分化学組成から九州起源と推定されている (第3. 21 図)。

Ks8.4B は層厚 10 cm 程度の白色ガラス質テフラで，茂原市下太田～本納にかけて追跡される。角閃石と石英に富み，岩石記載的性質及び火山ガラスの主成分組成の一致により，犬吠層群倉橋層の Kh6b (酒井, 1990) に対比され，その給源は鬼首カルデラ起源の賜目火砕流と推定されている (中里・中澤, 2008)。本テフラの 30

cm 上位には径数 cm の角礫状軽石が散在し、Ks8.4A と命名した。

Ks7.5A, B は Ks7.3 と Ks8 の間にみられるスコリアと軽石からなる 2 枚組テフラであり、徳橋・遠藤 (1984) によって姉崎地域内で命名された。茂原地域においても、長柄町下味庄の神社下から茂原市上太田 - 大網白里市神房へと SW-NE 走向をもって連続的に分布する。上位の Ks7.5A は、厚さ 4 ~ 7 cm のスコリア層で、上半部が粗粒一極粗粒砂サイズ、下半部が中粒 ~ 細粒砂サイズからなる 2 層構造を示す。上半部に逆級化構造が認められることもある。下位の Ks7.5B は、直径 1 cm 以下の白色軽石粒の密集層で、厚さは 5 cm 以下である。Ks7.5A と Ks7.5B の間の砂層の層厚は 2.5 ~ 4.5 m である。町田ほか (1980) が長柄町刑部 (姉崎地域) で記載した軽石層 Ks7.2 は、鉱物組成と斜方輝石の屈折率が Ks7.5B とほぼ一致し (第 10. 1 表 a), 上位に Ks7.5A とみられるスコリア層が認められることから Ks7.5B に対比される。

大網白里市平沢の圏央道工事露頭 (第 10. 2 表 T02) では、Ks7 の 2.1 m 下位に角閃石に富むガラス質テフラが認められた。本テフラは火山ガラス及び角閃石の特性より Ks7.03, 更には古琵琶湖層群の雄琴仰木火山灰 (木谷, 2002; 里口・服部, 2008) に対比される (中里・七山, 2012)。

Ks5 は厚層の白色細粒ガラス質テフラであり、古琵琶湖層群の伊香立 II 火山灰 (里口・服部, 2008), 多摩 F ガラス質火山灰 (TFV; 町田ほか, 1980) に対比され、南九州の始良小田火砕流起源と推定されている。上位の下総層群地蔵堂層基底の低海面期が MIS 12.2 に相当すると考えられるので、本テフラの年代は約 0.5 Ma と推定され、MIS 13 に相当すると考えられる (第 4. 1 図)。FT 法を用いた年代測定により  $0.39 \pm 0.20$  Ma が報告されているが (鈴木ほか, 1998), 誤差範囲が広い。

東金市小野周辺 (東金地域) では、Ks5 の約 30 m 上位の笠森層最上部、金剛地層市野々砂泥互層基底の間の層準に層厚 30 cm のガラス質テフラが分布する。中里・佐藤 (2010) はこれを Ks4 と命名し、火山ガラスの主成分化学組成等の特徴に基づいて、銚子コア (Kameo *et al.*, 2006) と君津市の笠森層相当層のガラス質テフラと対比した。東金市から茂原市北部にかけては、圏央道工事により Ks5 から金剛地層下部にかけての層準が走向方向に広域に連続して露出したが、茂原地域では Ks4 を確認できなかった。

#### [古地磁気]

全体が正磁極方向であり、BO-A 正磁極帯に属し、ブリュンヌ正磁極帯に対比されている (新妻, 1976)。

#### [化石]

植物化石のうち花粉化石は Zone 6 に属し、*Picea*, *Abies*, *Tsuga* などの針葉樹種が優勢であり、*Larix* や *Menyanthes* などの寒冷要素も検出される (大西, 1969)。

本層の貝化石は、大炊御門・池辺 (1934), 金原ほか (1949), 大山 (1952), 成瀬 (1959, 1973), 馬場・青木 (1980), 馬場 (1990) によって報告されている。馬場 (1990) によれば、本層の貝化石群集は、下部浅海帯暖流系の *Limopsis tajimae* 群集, 下部浅海帯の *Portlandia-Striodentalium* 群集, 下部浅海帯寒流系の *Macoma calcarea* 群集, 下部浅海帯暖流系の *Nemocardium samaranagae* 群集, 上部浅海帯寒流系の *Callithaca-Macoma* 群集に区分される。

茂原地域からは、金原ほか (1949) が *Yoldia*, *Limopsis uwadokoi* を、馬場 (1990) が *Limopsis tajimae*, *Callithaca adamsi* を報告した。そのほか、茂原市内の本層から、*Portlandia lischkei*, *Macoma calcarea*, *Turritella nipponica* なども産出した (第 3. 1 表)。茂原市国府関付近の圏央道工事によって、本層中部から化学合成群集と認定される貝化石が見つかった (高橋ほか, 2011)。合併の *Lucinoma aokii* が多産し、炭素同位体比が低い (-51.2 ~ -34.1 ‰) 炭酸塩コンクリーションを伴った産状を示す (第 3. 22 図; 高橋ほか, 2011)。

浮遊性有孔虫化石は、*Globorotalia truncatulinoides* を含む (五十嵐, 1994)。

珪藻化石については、*Nitzschia reinholdii* Kanaya の絶滅層準よりも上位の種を産する (Cherepanova *et al.*, 2002)。

笠森層層準の石灰質ナンノ化石については、基準面⑤と④との間に位置する種を産し、基準面④と③は認定されていないが、犬吠層群については倉橋層中に生層序面③が認定されている (佐藤ほか, 1988b)。Kameo *et al.* (2006) によれば、生層序面④は Yk12 層準にあり、生層序面③は Kh9a の 6 m 下位にある。Kh9a の下位 2.5 m には J1 が認められる (中里ほか, 2003) ため、生層序面③は金剛地層最上部に相当する。したがって、笠森層は生層序面④と③の間に相当する。

#### [堆積環境]

底生有孔虫化石から Open Bay と推定されている (Kamemaru, 1996)。堆積相からは暴浪時に強く影響を受ける内側陸棚環境と推定されている (Katsura, 1984; Ito, 1992; Ito and Katsura, 1993)。しかも上方に向かって粗粒化浅海化が顕著であり、Ks5 より上位層準では、金剛地層の海浜 ~ 外浜相に漸移する。

### 3. 7. 1 国府里砂部層 (Kou)

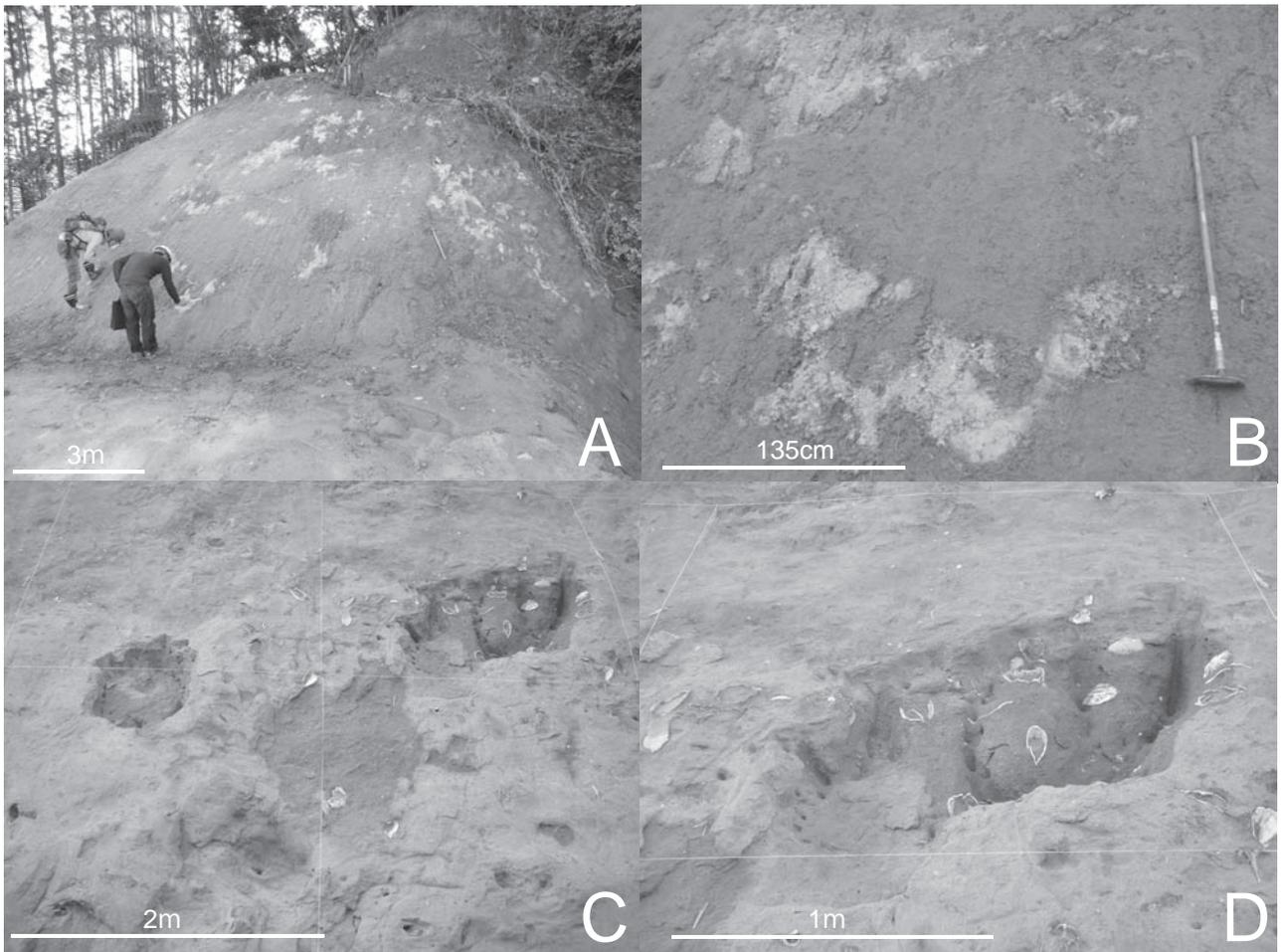
#### [模式地]

長生郡長柄町国府里周辺 (姉崎地域)。

#### [分布]

姉崎地域の模式地の国府里から、茂原市柴名、吉井を経由し、細粒化泥質化しながら本納 ~ 大網市白里町永田まで連続して分布する。

#### [層厚]



第 3. 22 図 笠森層 Ks12 層準で見つかった化学合成群集の露頭  
 撮影地：茂原市国府関：(付図の Loc. 3-10)。白い斑状の部分が炭酸塩コンクリーション(A, B)及びツキガイ類の *Lucinoma aokii* 等の二枚貝の産状 (C, D)。



第 3. 23 図 国府里砂部層の大露頭  
 撮影地：茂原市吉井下。

50～90 m.

〔層序関係〕

笠森層上部の火山灰層 Ks7～Ks8.2 の間に分布し、比較的上位層準に Ks7.5AB を含む。

〔岩相〕

やや泥質な層状もしくは塊状の細粒砂層を主体とする(第 3. 23 図)。模式地の長柄町国府里周辺で 50～60 m であり、東方に向かって細粒化泥質化し、層厚も 90 m まで増大する。模式地周辺では、基底付近に厚さ 15 m 前後の主に細粒～中粒砂からなる層状砂層が発達し、一部では斜交層理も観察され、西→東の古流向を示す。露頭オーダーでは生物擾乱が著しいため堆積構造は明確ではないが、比較的層状に見える部分がある。また、本砂層においては、*Rosselia socialis* が密集した産状がよく観察される。

〔化石〕

茂原地域に近接する長柄町国府里の国府里砂部層からは、殻が溶失した二枚貝や巻貝がみられた。国府里砂部

層からは, *Nemocardium samaranagae* 群集 (馬場・青木, 1980), あるいは *Nassaria-Keenaea* 群集 (大山, 1952) の暖流系の貝化石群集が産出する.

[堆積環境]

国府里砂部層は, 笠森層の陸棚環境の堆積物のうち, 黒潮暖流の影響を受けたために陸棚上に生じたサンドリッジ堆積物と考えられている (Katsura, 1984; Ito, 1992; Ito and Katsura, 1993).

### 3.8 金剛地層 (Kg)

[命名]

三土 (1933) によって命名. 三土 (1937) によってその分布が明確化された. その後, 徳橋・遠藤 (1984) が再定義した.

[模式地]

市原市金剛地 (姉崎地域).

[分布]

模式地の市原市金剛地を中心に分布し, 茂原地域では

北西部に点在する.

[層厚]

茂原地域北西部に位置する模式地の金剛地付近で 40 ~ 60 m.

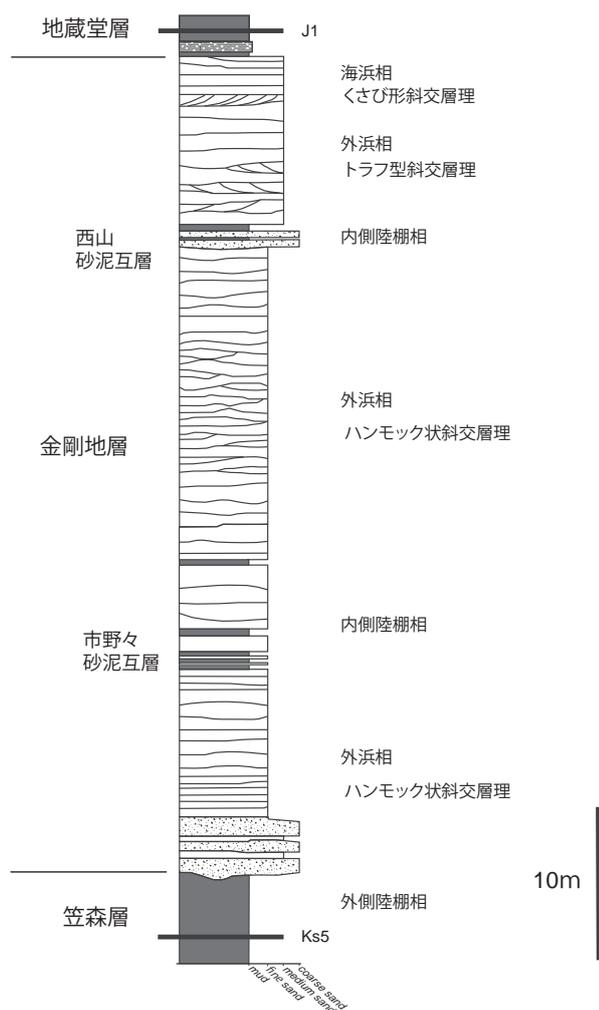
[層序関係]

笠森層から上方浅海化粗粒化して漸移する (第 3. 18 図). 河井 (1952) は, 両層の関係が, 局部的に侵食面を伴う不整合関係と記載していたが, 本報告では整合漸移関係にあるとする三梨ほか (1959) 及び徳橋・遠藤 (1984) を支持する. 下総層群基底の地蔵堂層下部に整合的に覆われる露頭が市原市金剛地に存在した (徳橋・遠藤, 1984; 佐藤, 2000) が, 現在は観察できない.

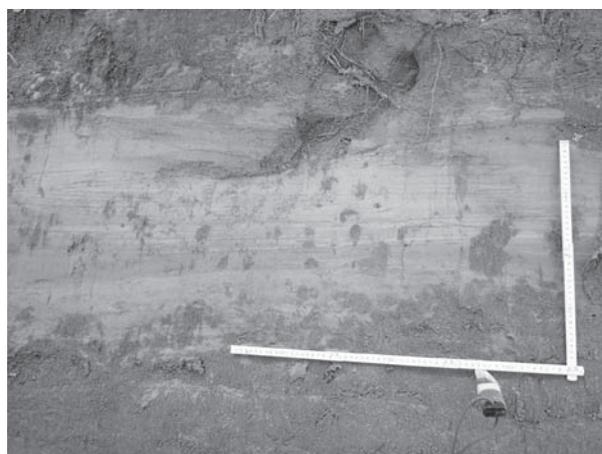
[岩相]

金剛地層は淘汰極良好及びややシルト質な細粒~極細粒砂層からなる下部と, 含礫中粒~粗粒砂層からなる上部に分けることができる (第 3. 24 図).

下部は, 層厚 50 ~ 30 m であり, 一般に細粒で淘汰の良い砂層からなり, その上半部には, 緩傾斜のくさび状斜交葉理の発達した極めて淘汰の良い砂層がしばしば観察される (第 3. 24 図). 下半部はハンモック状斜交層理 (第 3. 25 図) や平行層理がみられる極細粒砂~細粒砂を主体とする. 下位層準ほど細粒化し, 笠森層に漸移することが多いが, 大網白里市砂田では粗粒砂層基底の軽微な侵食面 (第 3. 24 図) で笠森層と境されることもある. 本層下部に挟在する市野々砂泥互層 (厚さ 5 ~ 10 m: 徳橋・遠藤, 1983) は, 砂田~大沢付近で模式的な層序が認められる. 厚さ 50 cm 以下の粘土層, 粘土質シルト層, 縞状シルト層と 50 cm 以下の細粒砂層の互層である. 泥層, 砂層とも側方への層厚変化が著しい. いくつかの層準で泥層中に大規模な *Rosselia socialis* 等の生痕が密集して発達している (奈良, 1998b). 砂層は, 一般に塊状でややシルト質な細粒砂層であるが, ときに平行葉理やハンモック状斜交葉理が観察されることがあ



第 3. 24 図 金剛地層の堆積柱状図



第 3. 25 図 金剛地層下部で認められるハンモック状斜交層理  
撮影地: 大網白里市砂田 (付図の Loc. 3-19).

る。

上部はトラフ型の斜交層理や低角度の平板状斜交層理等の発達する主に中粒砂～粗粒砂層を主体とする浅海成砂層からなり、局部的に砂鉄が多く含まれるところもある。円礫やシルト円礫を伴うこともある。層厚は10～15 mである。白斑状生痕の *Macaronichnus segregatis* がみられることもある。大網白里市砂田の露頭では、*Rosselia socialis* の密集層がみられる（第3.26図）。これらは上下方向に複数個が連なっているため、間欠的な堆積作用があったことが推定される。本層上部の基底に位置する西山砂泥互層（厚さ2～5 m：徳橋・遠藤，1983）は、金剛地付近で認められる。厚さ50 cm以下の粘土、粘土質シルト、砂質シルトと細粒～中粒砂層の互層である。いくつかの層準で泥層中に大規模な *Rosselia socialis* 等の生痕が密集して発達している（奈良，1998b）。側方への変化が大きく個々の泥層の連続性はよくないが、互層そのものはよく連続し、模式地の金剛地では、地蔵堂層下部の基底より10 m前後下位の層準に見出され、円礫の密集する粗粒砂層が卓越する（徳橋・遠藤，1984）。本層の上限は整合的に地蔵堂層下部に覆われる。ただし、姉崎地域においては、地蔵堂層下部のチャンネル基底によって侵食されている産状も報告されている（徳橋・遠藤，1984）。

#### 【化石】

花粉化石は Zone 6 に属し、*Picea*、*Abies*、*Tsuga* などの針葉樹種が優勢であり、*Larix* や *Menyanthes* などの寒冷要素も検出される（大西，1969）。

茂原地域における金剛地層からは、わずかに殻が溶失した二枚貝がみられた程度である。しかし、茂原地域北方の成東から八日市場、西方の君津市においては、青木ほか（1971）、青木・馬場（1972，1973）、Aoki and Baba



第3.26図 金剛地層の砂質泥層における生痕化石 *Rosselia socialis* の密集産状  
撮影地：大網白里市砂田（付図の Loc. 3-19）。ねじり鎌の長さは33 cm。

（1980）などが貝化石の産出を報告しており、特に Aoki and Baba（1980）は、*Spisula sachalinensis*、*Glycymeris yessoensis*、*Patinopecten tokyoensis* などの下総層群によくみられる浅海性の貝化石を報告している。

銚子地域の犬吠層群の金剛地層準の石灰質ナンノ化石に関して、Kameo *et al.*（2006）は、生層序面③が Kh9a の6 m 下位にあるとし、中里ほか（2003）は Kh9a の下位2.5 m に J1 が認められるとしている。ゆえに、生層序面③は金剛地層最上部に位置する。

#### 【堆積環境】

堆積相から波浪卓越型海浜～外浜環境が推定される（Katsura，1984；Ito，1992；Ito and Katsura，1993，奈良，1998a；第3.25図）。

## 第4章 下総層群

(大井信三・七山 太・中島 礼・中里裕臣)

下総層群は、関東平野一帯に分布する中期～後期更新世に堆積した浅海成層を主とする地層である。下総層群は、河川成砂礫層、内湾成泥層、含貝化石浅海成砂層、海浜成砂層が周期的に繰り返す堆積サイクルから構成されており、氷河性海水準変動によって規定されるとされる(青木・馬場, 1970; 町田ほか, 1980; 増田・中里, 1988; 徳橋・近藤, 1989; 中里・佐藤, 2001 など)。下総層群は、下位から、地蔵堂層(主に酸素同位体ステージ MIS 11.3)、藪層(主に MIS 9.3)、上泉層(主に MIS 7.5)、清川層(主に MIS 7.3)、横田層(主に MIS 7.1)、木下層(主に MIS 5.5)、姉崎層(主に MIS 5.3)に区分される(中里・佐藤, 2001; 第4.1図)。下総層群の各層は、かつて関東平野一帯を覆っていた古東京湾で形成された地層と考えられている(岡崎・増田, 1992)。

茂原地域の北西部には、これらのうち地蔵堂層、木下

層、姉崎層のみが露出する。

### 4.1 地蔵堂層 (J)

上総層群金剛地層の上位に重なる地蔵堂層の下部が茂原地域に分布し、上総層群及び金剛地層の上限を決める上で重要であるため、その概要を記載する。茂原地域に分布する地蔵堂層は下部にあたる泥質層で、泉谷泥層(徳橋・遠藤, 1983)とも呼ばれる。

#### [命名]

坂倉(1935b)の地蔵堂層から三土(1937)の金剛地層を除いた部分を地蔵堂層として徳橋・遠藤(1984)が再定義した。

#### [模式地]

木更津市地蔵堂周辺(姉崎地域)。

#### [層厚]

茂原地域では1～8m。

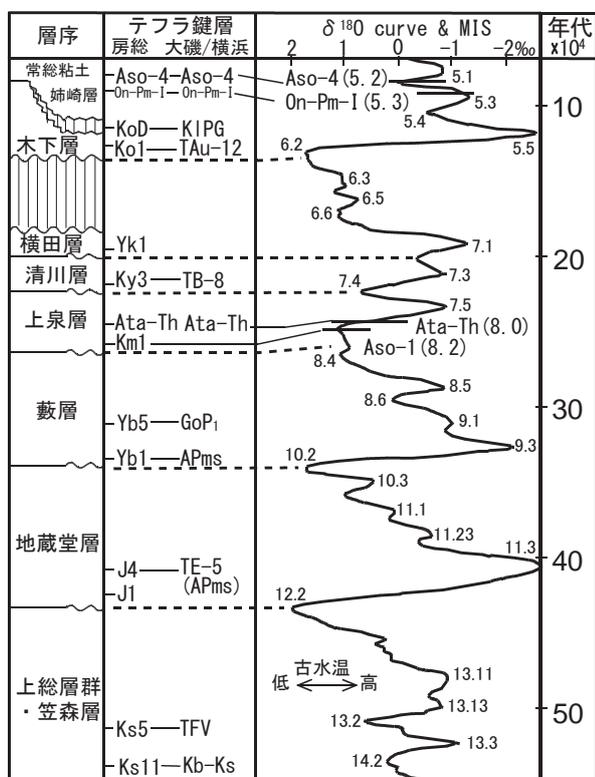
#### [分布]

木更津市茅野七曲から茂原地域内の市原市金剛地にかけて、带状に分布する。

#### [岩相]

地蔵堂層は、泥質層を主とする下部と砂質層を主として地蔵堂層の大部分を占める上部に分けられる。茂原地域には地蔵堂層下部が分布する。地蔵堂層下部と上総層群最上位の金剛地層の境界を示す露頭は、市原市金剛地の民家裏に存在しているが、民有地のため、現在は詳細に調査することは難しい状況にある。ここでは徳橋・遠藤(1983, 1984)及び佐藤(2000)を参照して記載を行う。

地蔵堂層下部の泥質層は上部と下部に細分される。泥質層上部は、泉谷化石帯(坂倉, 1935a, b)を含む1～2mの淘汰は極不良な泥質砂層ないし砂質泥層からなり、全層準に生痕が発達する。泥質層下部は、厚さ5～0mの粘土層、シルト層及び砂質シルト層からなり、ときに薄い砂層を挟んだ縞状互層を含む。上部との境界付近には、しばしば砂管が密集し貝化石が散在することもある。泥質層下部は特徴的な青灰色を呈するが、このことは特に粘土層の場合に顕著である。泥炭層をしばしば含み、黒色ないし褐色を呈する。植物根の痕跡化石が頻繁に観察される。泥質層の最下部には、生痕の発達した厚さ2mの淘汰不良の泥質砂層ないし砂質泥層が観察される。泥質層下部の粘土・シルト層、最下部の泥質砂層・



第4.1図 下総層群の主要なテフラ鍵層の層位及び海洋酸素同位体ステージ(MIS)との対比  
酸素同位体比曲線は Bassinot *et al.* (1994) による。中里・佐藤(2001)を一部改変。



第4.2図 地蔵堂層下部に挟在されるJ1テフラ  
撮影地：市原市金剛地。

砂質泥層の分布する地域では、その直下に、一部同時異相の関係で、細～中礫の古期岩類の円礫を含み斜交葉理の発達した厚さ数m以下の河川成の礫質砂層が観察される場合がある。これら粗粒堆積物は、分布域が局地的であり、下位の金剛地層上部の砂層と明瞭な侵食面で接することから、チャンネル充填堆積物と理解されている。このような侵食基底のないところでは、地蔵堂層は金剛地層の砂層の上を覆うように“整合”的に重なることが知られている（徳橋・遠藤，1984；佐藤，2000）。

#### 【テフラ】

地蔵堂層下部には、J1と命名された厚さ10cmの白色細粒火山灰のテフラ鍵層が挟まれる（徳橋・遠藤，1984；第4.2図；杉原ほか（1978a）のIy；第10.1表（a））。

#### 【堆積年代】

地蔵堂層は下総層群の最下部をなし、酸素同位体ステージ（MIS）11.3の海進期に生じた浅海成の堆積物とされる（町田ほか，1980；中里・佐藤，2001など）。

## 4.2. 木下層（Ko）

#### 【命名】

横山（1930）が、千葉県印西市木下を模式地として木下層と命名し、その堆積時代を木下亜階とした。なお本報告で用いる木下層の定義は、徳橋・遠藤（1984）の木下層に準拠する。

#### 【模式地】

千葉県印西市木下。

#### 【層厚】

5～15m。

#### 【層序関係】

茂原地域内では金剛地層を不整合に覆う産状が、大網白里市砂田の露頭で確認された（第4.3図，第4.4図）。木下層は常総粘土に整合に覆われる。更に、姉崎層によって不整合に覆われる場合もある（徳橋・遠藤，1984）。

#### 【分布】

長柄町上味庄<sup>かみみしょう</sup>、市原市金剛地、大網白里市萱野を結んだ、茂原地域北西端部に分布する。その堆積面は、この地域の最高位の海成段丘面である木下面の台地を形成している。

#### 【岩相】

木下層は、姉崎地域においては、下部の谷埋め堆積物と上部の波食棚上の海浜外浜堆積物に区分けられている（徳橋・遠藤，1984）。

茂原地域の木下層の分布域では、上部の厚い砂層のみが露出する（第4.3図，第4.4図A）。

大網白里市砂田では、下部は層厚3mの中粒砂層からなり *Rosselia socialis* 等の生痕が密集して発達している。その下限付近にはハンモック状斜交層理が観察され、粗粒砂混じりで泥岩偽礫を伴うことがある（第4.3図）。下位の地層が金剛地層の砂層の場合には、その境界が不明瞭になる。侵食基底を覆って、層厚1mの貝化石の破片を多量に含む中粒砂層、更にその上位には層厚6mの平行層理がよく発達した細粒砂層が重なる。全体の層厚は約10mである。その上位には、層厚1.4mで弱い平行層理や斜交層理が時々発達する砂鉄質の砂層がある。しばしば薄い泥層が挟まれ、粘土化した軽石粒や根痕の黒色小斑点を伴うなどの特徴がある。

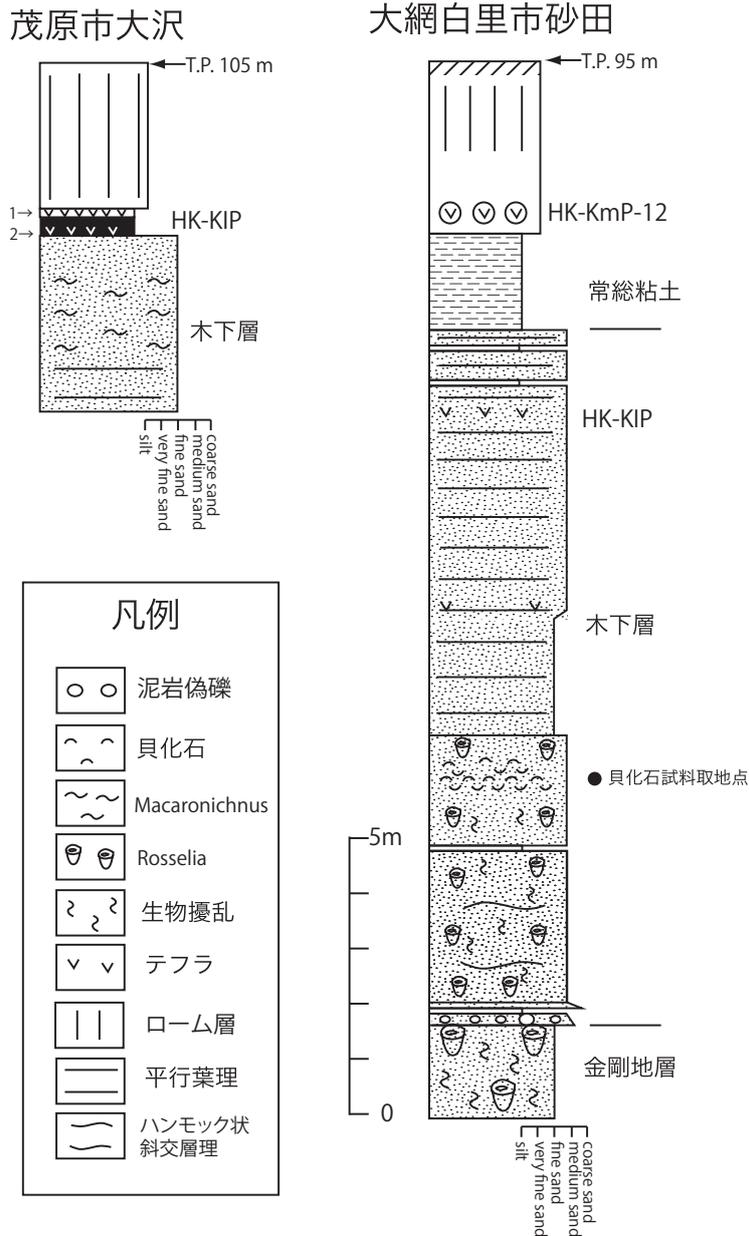
茂原市大沢では弱い平行葉理の認められる中粒砂層に白斑状生痕 *Macaronichnus segregatis* が認められる（第4.3図，第4.4図B）。この砂層を層厚30cmの泥炭層～砂質シルト層が覆う。

#### 【テフラ】

木下層の海浜堆積物にはテフラ鍵層が挟在され、杉原ほか（1978a）は、これを大磯丘陵のKIPテフラ群に対比し、徳橋・遠藤（1984）は木下層道脇寺<sup>どうきょうじ</sup>テフラ群（Ko-D）と命名した（第4.1図，第4.3図）。大網白里市砂田では、木下層上部の平行葉理の発達した砂層と最上部の砂鉄質砂層との間には粒径1～2mmの厚さ10cmのKIPテフラ群のメンバーと推定される軽石が挟在される（第4.2表）。茂原市大沢では木下層の砂層を覆う泥炭層に層厚1cmの白色テフラが挟在し、それを覆う砂質シルト層上部には層厚7cmの黄土色軽石が挟在する（第4.4図C）。これらもKIPテフラ群に対比されるところと考えられ、白色テフラには角閃石が含まれることからKIP-4の可能性が指摘される（第4.3図，第4.2表）。

#### 【化石】

木下層からは暖海貝化石群集が多産するとの報告が多数ある（青木・馬場，1970）。今回、大網白里市砂田と同市小中（東金地域）に分布する本層から巻貝類10種、ツノガイ類1種、二枚貝類30種が産出した（第4.1表）。砂田からは、*Scapharca kagoshimensis*、*Glycymeris vestita*、*G. imperialis*、*Mactra chinensis*、*Gomphina melanegis*、*Cyclosunetta menstrualis* が多く産出し、小中からは



第 4. 3 図 下総層群木下層の堆積柱状図

*Scapharca kagoshimensis*, *Crassostrea gigas*, *Pecten albicans*, *Raetellops pullchellus*, *Macoma incongrua*, *Solen strictus*, *Saxidomus purpurata*, *Gomphina melanegis* などが産し、特に *Mactra chinensis* の産出が顕著である (第 4. 1 表)。産出種はどれも潮間帯から上部浅海帯の砂底や砂泥底に生息する種である。両地点ともに二枚貝、巻貝ともに破片化した個体が多く、基質支持の貝殻密集層をなしている (第 4. 4 図 D)。したがって、両地点の貝化石の産状は、暴風時などに生じた波浪など営力によって集積されたものと考えられる。

[堆積環境]

木下層上部は波浪卓越型海浜～外浜環境において形成

されたと推定されている (岡崎・増田, 1992; 岡崎ほか, 1994; 藤原ほか, 1996; Nishikawa and Ito, 2000)。

[堆積年代]

MIS 5.5 にあたる (第 4. 1 図)。

4. 3 姉崎層 (An)

[命名]

青木ほか (1970) が姉ヶ崎層と呼称したが、徳橋・遠藤 (1984) が姉崎層と再定義した。

[模式地]

市原市引田 (姉崎地域)。

第 4. 1 表 木下層から産出した貝化石リスト

学名	和名	大網白里市砂田(Loc. 4-2)	大網白里市小中(Loc. 4-1)
<b>巻貝類</b>			
<i>Crepidula gravispinosus</i> (Kuroda & Habe)	アワブネガイ		1
<i>Glossaulax didyma</i> (Röding)	ツメタガイ	1	1
<i>Eulima maria</i> (A. Adams)	シロハリゴウナ		1
<i>Olivella japonica</i> Pilsbry	ホタルガイ	1	5
<i>Olivella fulgurata</i> (Adams & Reeve)	ムシボタル		1
<i>Babylonia japonica</i> (Reeve)	バイ		1
<i>Ringiculina doliaris</i> (Gould)	マメウラシマガイ		1
<i>Siphonalia fusoides</i> (Reeve)	トウイトガイ		1
<i>Reticunassa festiva</i> (Powy)	アラムシロ		2
<i>Profundinassa babylonica</i> (Watson)	ワタゾコムシロ		1
<b>ツノガイ類</b>			
<i>Antalis weinkauffi</i> (Dunker)	ツノガイ		1
<b>二枚貝類</b>			
<i>Didimacar tenebrica</i> (Reeve)	マルミエガイ		3
<i>Scapharca kagoshimensis</i> (Tokunaga)	サルボウ	9	16
<i>Glycymeris vestita</i> (Dunker)	タマキガイ	17	5
<i>Glycymeris imperialis</i> Kuroda	ミタマキガイ	9	1
<i>Oblimopa multistriata</i> (Forskaal)	シラスナガイ		1
<i>Chlamys farreri nipponensis</i> (Kuroda)	アズマニシキ		2
<i>Pecten albicans</i> (Schröter)	イタヤガイ	1	6
<i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg)	マガキ	4	6
<i>Phlyctiderma japonicum</i> (Pilsbry)	ヤエウメノハナガイ		1
<i>Raetellops pulchellus</i> (Adams & Reeve)	チヨノハナガイ		16
<i>Fulvia mutica</i> (Reeve)	トリガイ		1
<i>Clinocardium buellowi</i> (Rolle)	イシカゲガイ		1
<i>Mactra chinensis</i> Philippi	バカガイ	8	110
<i>Latona kiusiuisensis</i> (Pilsbry)	キュウシュウナミノコ		4
<i>Macoma tokyoensis</i> Makiyama	ゴイサギガイ		2
<i>Heteromacoma irus</i> (Hanley)	シラトリモドキ	4	7
<i>Megangulus venulosa</i> (Schrenck)	サラガイ	1	
<i>Cadella delta</i> (Yokoyama)	クサビザラ		3
<i>Siliqua pulchella</i> (Dunker)	ミゾガイ		4
<i>Solen strictus</i> Gould	マテガイ		9
<i>Saxidomus purpurata</i> (Sowerby)	ウチムラサキ	5	5
<i>Gomphina melanegis</i> Römer	コタマガイ	15	8
<i>Callista chinensis</i> (Holten)	マツヤマワスレ		3
<i>Petricolirus aequistriatus</i> (Sowerby)	シオツガイ		4
<i>Protothaca schenki</i> (Nomura)	メオニアサリ		3
<i>Phacosoma japonicum</i> (Reeve)	カガミガイ	1	1
<i>Cyclosunetta menstrualis</i> (Menke)	ワスレガイ	23	3
<i>Placamen tiara</i> (Dillwyn)	ハナガイ		1
<i>Ruditapes philippinarum</i> (Adams & Reeve)	アサリ		1
<i>Anisocorbula venusta</i> (Gould)	クチベニデ		1
<b>棘皮動物ウニ類</b>			
Echinoid fragments	ウニ片		7

〔層序関係〕

木下層を不整合で覆い、常総粘土に整合で覆われる。

〔分布〕

木更津台地、袖ヶ浦台地及び市原台地西部に比較的厚層に分布し、茂原地域では市原市金剛地付近に小規模に分布する。

〔岩相〕

姉崎層は、シルト岩の円礫が混じった砂層と泥層を挟む砂層の繰り返しから構成される河川成堆積物であり、多くの軽石層を伴う。市原市金剛地では木下層を覆って厚さ約 2 m の姉崎層が認められた。

なお、姉崎層の上面の堆積面は姉崎面と呼称される。

〔堆積年代〕

MIS 5.3 にあたる (第 4. 1 図)。

4. 4 常総粘土

〔命名〕

中村・福田 (1953) が常総粘土層を定義。徳橋・遠藤 (1984) が常総粘土として再定義。

〔模式地〕

茨城県龍ヶ崎市。

〔分布〕

木下層及び姉崎層を覆い新期関東ローム層に覆われる凝灰質粘土層である。茂原地域では大網白里市砂田など断片的にしか露出しないので、地質図には塗色していない。

〔岩相〕

木下層や姉崎層が形成した地形面を覆うように分布する。白色や黄灰色を呈し、根痕が認められる凝灰質粘土層である。大網白里市砂田では木下層の砂層を覆って層厚 1.6 m の凝灰質粘土層からなる常総粘土が認められた (第 4. 3 図；第 4. 5 図)。

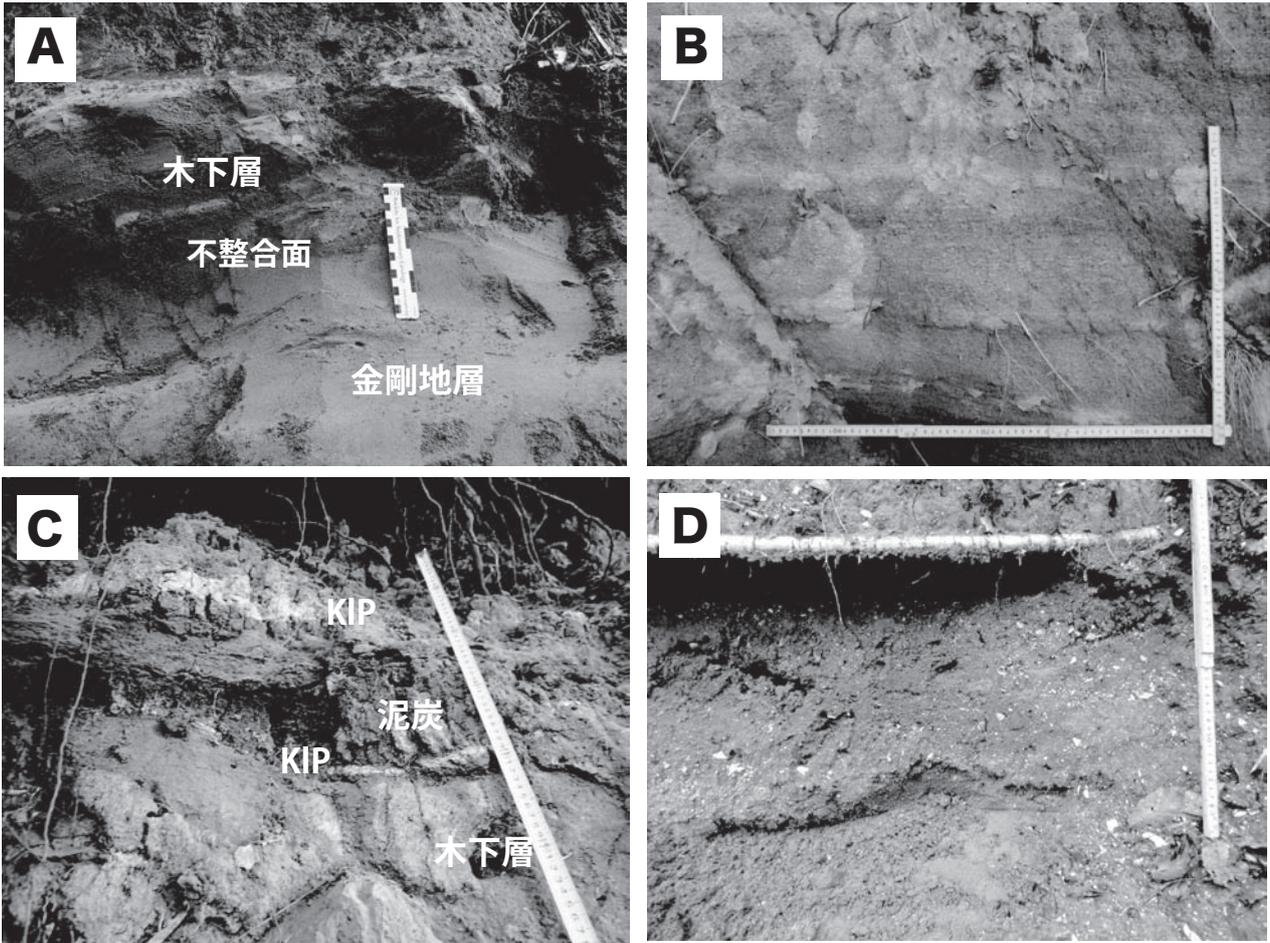
〔テフラ〕

姉崎地域内においては、常総粘土は御岳第 1 軽石 (On-Pm1 ; 100 ka ; MIS 5.3 ; 町田・新井, 2003) を上部に挟在するとされる。

第 4. 2 表 茂原地域に分布する木下層と常総粘土の主なテフラの特徴

試料採取地点	層厚(cm)	色	重鉱物組成	斜方輝石の屈折率 $\gamma$ (モード)	角閃石の屈折率 $n_z$	対比
大網白里市砂田 (Loc. 4-2)	10	白黄色	mt > opx, cpx	1.700-1.713(1.702-1.704)	—	Hk-KIP
茂原市大沢 (Loc. 4-3)	7	黄色	mt >> opx, cpx	1.703-1.709	—	Hk-KIP
茂原市大沢 (Loc. 4-3)	1	白色	(ho, opx, cpx)	1.701-1.708	1.672-1.684	Hk-KIP

mt: 磁鉄鉱, opx: 斜方輝石, cpx: 普通輝石, ho: 角閃石



第 4. 4 図 木下層の露頭写真

A：下総層群木下層と上総層群金剛地層の不整合露頭（大網白里市砂田：Loc. 4-2）。B：木下層の砂層中に認められる白斑状生痕，*Macaronichmus segregatis*（茂原市大沢：Loc. 4-3）。C：木下層の上位にみられる KIP テフラと泥炭層（茂原市大沢 Loc. 4-3）。D：木下層の砂層中に認められる貝化石密集層（大網白里市砂田：Loc. 4-2）。破片化した貝殻片が基質支持で密集している



第 4. 5 図 茂原市大沢の工事現場で観察された常総粘土  
ナイフの長さは 16 cm.

## 第5章 新期関東ローム層及び新期段丘堆積物

(大井信三・七山 太)

本報告での新期関東ローム層とは、武蔵野ローム層と立川ローム層を合わせたものである。また新期段丘堆積物とは、その直上に新期関東ローム層を整合に載せる段丘堆積物を一括したものであり、武蔵野ローム層と立川ローム層を載せる市原面及び立川ローム層のみを載せる南総面、吉附面よしつけの堆積物に区分される。徳橋・遠藤(1984)では更に市原面が2つの段丘面に、南総面が3つの段丘面に細分されているが、茂原地域では市原面は市原Ⅱ面、南総面は南総Ⅰ面のみ認定された。以下に、それぞれを構成する堆積物を、市原Ⅱ段丘堆積物、南総Ⅰ段丘堆積物及び吉附段丘堆積物と呼称する(第5.1図、第5.2図)。

### 5.1 新期関東ローム層

#### [分布]

木下層、姉崎層及び新期段丘堆積物の分布域に分布する。上総層群からなる丘陵には立川ローム層のみ分布する場合が多い。地形面被覆層のため、地質図には塗色していない。

#### [テフラ層序]

武蔵野ローム層は、層厚1.2 mからなる褐色火山灰層である。「姉崎」おぼらだい図幅(徳橋・遠藤, 1984)によれば、下部に、箱根小原台テフラ(小原台軽石; Hk-OP; 町田, 1971; 80-85ka; 町田・新井, 2003)、中部に箱根三浦テフラ(Hk-MP; 町田, 1971)、箱根東京テフラ(東京軽石; Hk-TP; 町田, 1971; 60-65ka; 町田・新井, 2003)を挟在するとされる。茂原地域ではHk-TPとHk-OPの下位に位置する箱根吉沢中部12テフラ(Hk-KmP12; 新井ほか, 1977)が認められた。

立川ローム層は、層厚2 mの暗褐色火山灰層である。下部にはバブル型火山ガラスを含む始良Tnテフラ(AT; 町田・新井, 2003; 30ka; 中川ほか, 2013)が挟在している。ATの直上には褐色スコリア安房第4スコリア(AS-4; 杉原ほか, 1978b)が認められる。その上位には軽石型火山ガラスを含む安房ガラス質火山灰(AG; 市原市文化財センター, 2004; 杉原ほか, 1978b)を挟在する。

#### [主要なテフラ露頭の記載]

##### Hk-KmP12

大網白里市砂田では、常総粘土を覆う層厚3.2 mの褐色火山灰層の下から40 cmの層位に厚さ13 cmの比較的粗粒な白黄色軽石が観察される。これをHk-KmP12に

対比した。このテフラはHk-OPに近い層位と思われるが、斜方輝石の屈折率のモードが $\gamma = 1.701 \sim 1.707$ とやや低い。Hk-OP前後の層位では、このように斜方輝石の屈折率が低いテフラはHk-KmP12以外に見いだされない(第5.1表)。

##### AT

陸沢町長楽寺では、南総Ⅰ段丘堆積物を覆う厚さ2 mの立川ローム層の下部に、厚さ8 cm以下の白色ガラス質火山灰層が観察される。これをATに対比した(第5.3図)。このガラス質火山灰層はバブル型火山ガラスを多く含み、その屈折率のモードは $n = 1.499 \sim 1.500$ を示し(第5.1表)、火山ガラスの化学組成からもATに対比される(第5.2表)。

##### AS-4

一宮町綱田のシルト層の直上の立川ローム層最下部には厚さ10 cmの固結した褐色のスコリアが覆う。これをAS-4に対比した(第5.2図)。屈折率測定の結果、スコリアに含まれる斜方輝石は低いという特徴が認められた(第5.1表)。このような特徴はATの直上に記載されているAS-4と類似する。

##### AG

いすみ市西吉附において、吉附段丘堆積物を覆う立川ローム層中部には白色ガラス質火山灰が観察される。これをAGに対比した(第5.2図)。このガラス質火山灰層は軽石型火山ガラスを主としATとは異なる。大多喜町森宮の南総Ⅰ段丘堆積物を覆う立川ローム層の中部にも、よく似たガラス質火山灰がみられ(第5.2図)、これらは同じテフラと思われる。西吉附や森宮で採取した火山ガラスの屈折率は共に低い(第5.1表)。このようなATより上位の屈折率の低い火山ガラスの特徴はAGの特徴に類似し、これに対比した。その堆積年代は約13~14 ka(市原市文化財センター, 2004; 杉原ほか, 1978b)とされる。

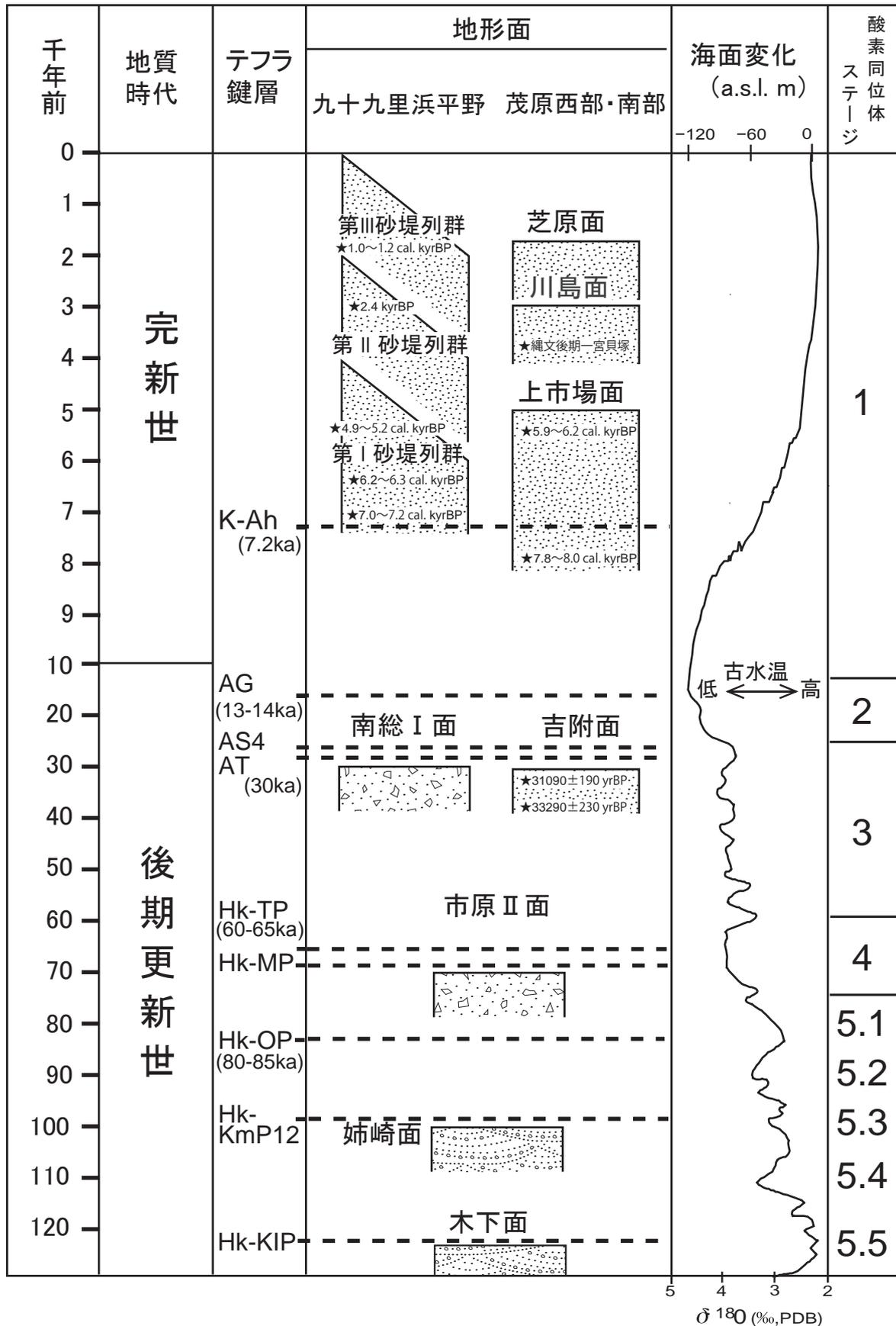
### 5.2 市原Ⅱ段丘堆積物 (Ih2)

#### [命名]

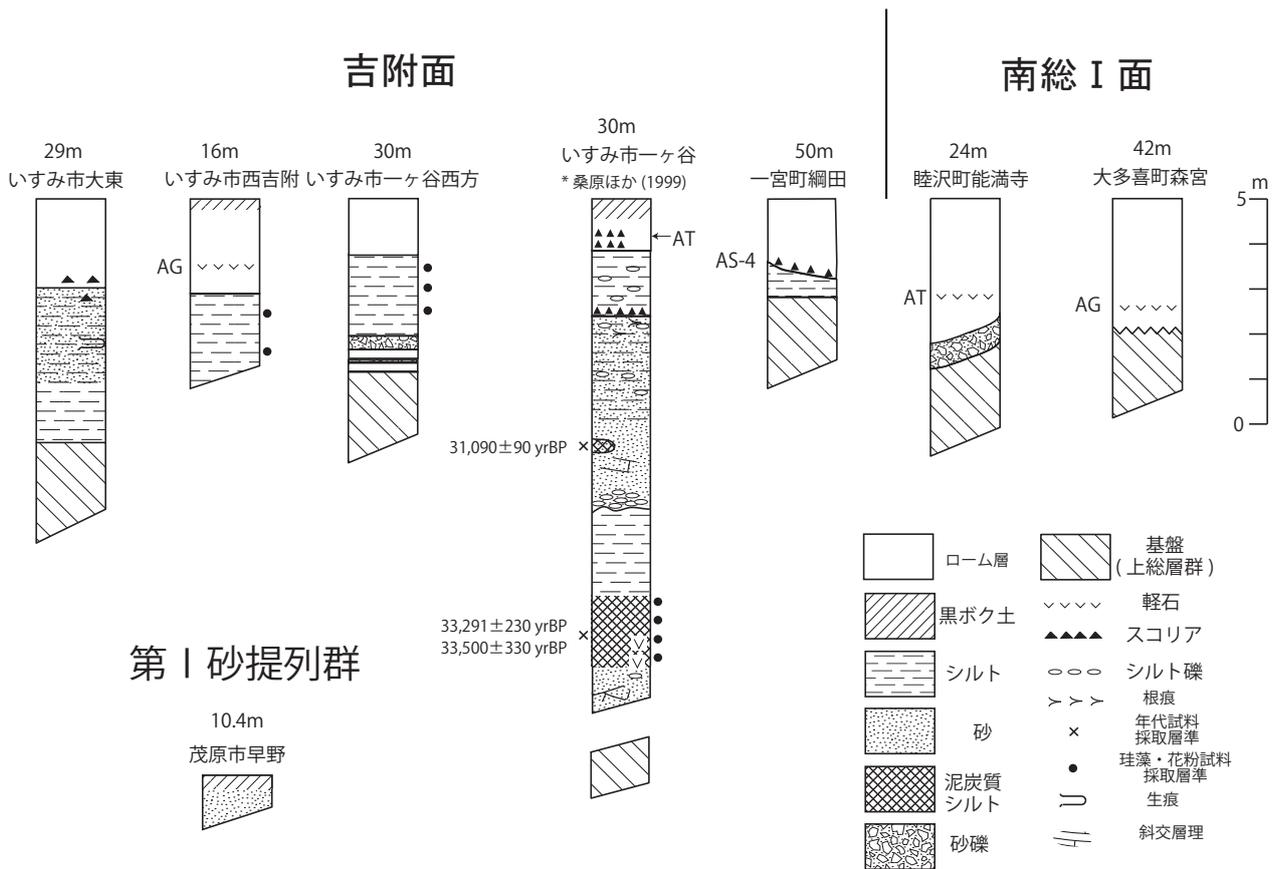
徳橋・遠藤(1984)による。杉原・細野(1974)の市原面Ⅱ、鹿島(1982)の市原面の構成層に相当する。

#### [分布]

茂原地域北西端の市原市金剛地の村田川流域に小規模に分布する。一宮川や埴生川中流にも南総Ⅰ面より高位



第5.1図 茂原地域の段丘編年図



第5.2図 図幅内の段丘堆積物の模式柱状図  
柱状図の上の数字は標高を示す。

第5.1表 新期段丘堆積物及び新期関東ローム層の主なテフラの特徴

試料採取地点	層厚(cm)	色	重鉱物組成	ガラスの形態	火山ガラスの屈折率 n (モード)	斜方輝石の屈折率 γ (モード)	角閃石の屈折率 n <sub>1</sub> (モード)	対比
大網白里市砂田 (Loc. 4-2)	13	白黄色	opx, cpx, mt, ol	+pmgl	1.497-1.508	1.700-1.712(1.701-1.707)	-	Hk-KmP12
*一宮町網田 (Loc. 5-5)	10	褐色	opx, cpx, ol	+pmgl	1.495-1.503 (1.497, 1.502)	1.693-1.708 (1.704)	-	AS-4
*睦沢町長楽寺 (Loc. 5-2)	8	白黄色	opx > ho > cpx	++bwgl	1.496-1.501 (1.499-1.500)	1.709, 1.718, 1.720	-	AT
*大多喜町森宮	-	-	ho, cpx > opx, bi	+ltgl	1.493-1.505 (1.496, 1.502)	1.701-1.717 (1.707-1.708, 1.715)	-	AG
いすみ市西吉附 (Loc. 5-6)	5	白色	(ho, opx, bi, Cum)	+ltgl	1.494-1.503 (1.494-1.495)	-	1.670-1.677	AG

opx: 斜方輝石, cpx: 普通輝石, ho: 角閃石, ol: カンラン石, bi: 黒雲母, Cum: カミングトン閃石, bwgl: パブル型火山ガラス, ltgl: 不規則型火山ガラス。

\*の分析は(株)京都フィッシュントラックによる。大多喜町森宮は南隣の「上総大原」図幅範囲。

第5.2表 睦沢町長楽寺の始良 T<sub>n</sub> テフラに含まれる火山ガラスの化学組成

テフラの名称 (産地)	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	計	計(生データ)	個数
AT	78.11	0.16	12.27	1.19	0.06	0.13	1.14	3.48	3.44	100	93.22	15
(睦沢町長楽寺 Loc. 5-2)	0.23	0.06	0.11	0.09	0.06	0.03	0.05	0.07	0.11			

上段: 平均値, 下段: 標準偏差

EPMAによる火山ガラスの主成分化学組成分析。合計が100%になるように再計算した。分析は(株)古澤地質による。

の段丘が小規模に分布し、市原Ⅱ段丘の可能性がある。本層は、武蔵野ローム層に整合に覆われる河岸段丘堆積物だが、露出が悪いため、地形から南総Ⅰ面より高位の河岸段丘を市原Ⅱ段丘堆積物とした。なお、一宮川や埴生川中流に分布する市原Ⅱ面の標高は約40mである。

#### [岩相]

本層は茂原地域内には露頭が存在しないので、ここでは「姉崎」図幅(徳橋・遠藤, 1984)の記載を参照する。本層はHk-MPを基底部に含む武蔵野ローム層に整合に覆われる河岸段丘堆積物で、一般に層厚2~4mの斜交層理の発達した中礫混じりの砂礫層からなる。

### 5.3 南総I段丘堆積物 (Na1)

#### [命名]

徳橋・遠藤 (1984) の南総I段丘堆積物に相当する。

#### [分布]

一宮川及び埴生川の中流部に小規模に分布し、段丘面の標高は約 20 m である。

#### [岩相]

本層は、層厚 50 cm から 2 m で、径 10 ~ 20 cm のシルト礫や亜円～亜角礫を含む砂礫層からなる。シルト礫や亜角礫の存在から河岸段丘堆積物とみなせる (第 5.4 図)。

#### [被覆ローム層]

本層は厚さ 2 m の立川ローム層をのせ、立川ローム層の下部には、AT が挟在することから (第 5.2 図, 第 5.3 図), その堆積年代は MIS 3 と推定される。同様に、AT を挟在する立川ローム層の下部に位置する吉附段丘堆積物の堆積年代は近いと推定される。

### 5.4 吉附段丘堆積物 (Yo)

#### [命名]

桑原ほか (1999) によって定義された吉附面を構成する堆積物。地名としての吉附の正式な呼び方は“きつけ”であるが、本報告では桑原ほか (1999) にしたがって段丘面と堆積物名を“よしふ”とする。

#### [模式地]

桑原ほか (1999) は模式地を指定していないが、いすみ市一ヶ谷といすみ市小滝における露頭の記載をしている。現在は小規模な露頭しか存在しないため、桑原ほか (1999) のいすみ市一ヶ谷の記載を引用し、現在みられる幾つかの露頭を記載する。

#### [分布]

吉附段丘堆積物は、いすみ市中原の椎木堰や中原堰と呼ばれる溜池の周辺に分布する標高 15 ~ 25 m の段丘面を構成している。茂原地域では一宮町綱田の段丘堆積物を構成する地形面の標高が 25 ~ 50 m で傾斜している。桑原ほか (1999) は、標高 40 ~ 50 m の高い段丘を吉附面とは別の長坂面に認定しているが、吉附面とは地形的に連続しており両者の区別ができないので、本報告では全て吉附段丘堆積物に一括した。

#### [岩相]

桑原ほか (1999) によるいすみ市一ヶ谷の露頭記載に基づくならば、本層は上部と下部に区分される。下部は主に層厚 4.3 m 以上の泥質な堆積物で構成され、2 層準で泥炭質になる。上部は 5.6 m の層厚を持ち、海進ラビメント面を持って下部を覆うと記載されている。上部の下部は、基底部にシルト岩の中細礫を含む海成の細～



第 5.3 図 立川ローム層下部の始良 Tn テフラの産状  
撮影地：睦沢町長楽寺 (付図の Loc. 5-2)。



第 5.4 図 南総I段丘堆積物の産状  
撮影地：睦沢町長楽寺 (付図の Loc. 5-2)。上総層群梅ヶ瀬層を削って、シルト岩礫や円礫を含む河川成の段丘堆積物がある。



第5.5図 吉附段丘堆積物の産状  
 撮影地：いすみ市一ヶ谷（付図の Loc. 5-3）。上総層群大田代層を不整合に覆って砂礫層及びシルト層からなる吉附段丘堆積物が載る。スケールの長さは25 cm.

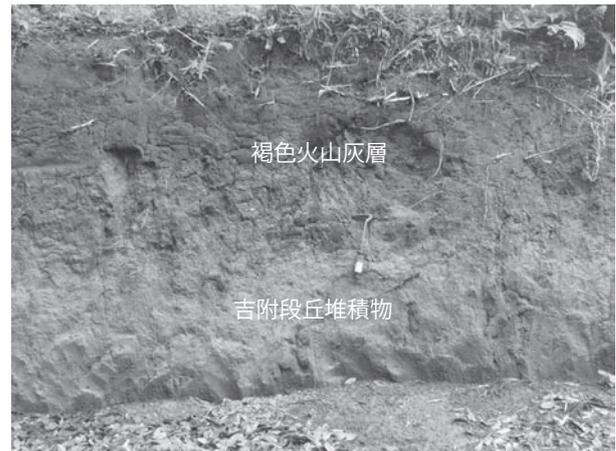
中粒砂層からなり、この層準には白斑状生痕 *Macaronichnus segregatis* 及び潮汐の影響を示すくさび状斜交層理が記載されている。これを覆う泥質堆積物には不明瞭な平行葉理が発達し、一部が泥炭質になっており、海退期に生じたラグーン（潟）～湿原環境の堆積物と解釈されている（第5.2図）。

いすみ市一ヶ谷西方の露頭においては、基盤の上総層群を覆って、厚さ80 cmの砂礫層、更に厚さ1.8 mのシルト層からなる堆積物が累重する（第5.2図、第5.5図）。

いすみ市大東では、基盤の上総層群を覆って厚さ3 mの細砂混じりシルト～シルト質砂層へ級化する堆積物があり、この堆積物の上部の淘汰の良い砂層中には生痕がみられる（第5.2図）。

#### 【花粉化石】

桑原ほか（1999）は、いすみ市一ヶ谷の露頭において、下部の泥炭質層準から産出する花粉群集を検討している（第5.2図）。それによるとトウヒ属、マツ属の出現率



第5.6図 吉附段丘堆積物のシルト層を覆う褐色火山灰層  
 撮影地：いすみ市太東（付図の Loc. 5-6）。ねじり鎌の長さは25 cm.

が高く、ツガ属がそれに次ぐ。またモミ属、スギ属、ハンノキ属、コナラ属コナラ亜属も試料によっては10%程度出現するとした。以上の結果から常緑針葉樹を主体として落葉広葉樹が混成した、冷温帯から亜寒帯への移行帯か、冷温帯上部の森林が成立したと推定している。

#### 【珪藻化石】

いすみ市一ヶ谷西方及びいすみ市西吉附において、上部のシルト層部分の珪藻分析を行った（第5.2図）が、珪藻を産しないか、量が少なく分析ができなかった。

#### 【年代】

いすみ市一ヶ谷では、下部準泥炭質部から  $33,290 \pm 230$ ,  $32,500 \pm 330$  yrBP, 上位層準の泥炭質部から  $31,090 \pm 190$  yrBP の AMS 法による  $^{14}\text{C}$  年代値が得られている（桑原ほか, 1999；第5.2図）。

吉附段丘堆積物は立川ローム層に覆われ（第5.2図）、その中に AT の火山ガラスの挟在が記載されている（桑原ほか, 1999）が、HK-TP は検出されていない（第5.2図）。吉附面は、MIS 3 海進期に生じた小規模な海成段丘と解釈されている（桑原ほか, 1999）。

#### 【被覆するローム層】

吉附段丘堆積物は厚さ1.2～2 mの立川ローム層に覆われる（第5.2図、第5.6図）。一宮町網田ではこの立川ローム層の下部に褐色のスコリアが観察され、AS-4 に対比された（第5.2図）。一方、いすみ市西吉附では立川ローム層中部に軽石型火山ガラスが観察され、AG に対比された（第5.2図）。

以上から吉附段丘堆積物は、AT、AS-4、更に AG の3層のテフラ鍵層に覆われる。

## 第6章 沖積層

(中島 礼・大井信三・七山 太)

本報告では、丘陵及び台地等を開析する谷の谷底、あるいは、海岸付近の低地を埋積する更新世末期から完新世の未固結の地層を沖積層と定義する。茂原地域において、沖積層は茂原低地（九十九里浜平野）に広域に分布するほか、丘陵及び台地の開析谷の谷底にも分布する。ここでは、茂原低地や開析谷を埋積する主に地下の堆積物を沖積谷埋堆積物とし、この谷埋堆積物の表層付近に分布する堆積物を沖積表層堆積物とする。更に沖積表層堆積物を茂原低地と一宮川・<sup>はら</sup>植生川低地及び丘陵部の小河川地域に分けて記述する。なお、断面図では沖積表層堆積物と沖積谷埋堆積物を一括して沖積層 (a) として表示した。

### 6.1 研究史及び概要

九十九里浜平野は房総半島の北東部に位置し、長さ約 60 km、幅 10 km の北東から南西に弧状に伸びる広い沿岸低地である。この低地は、多数の浜堤列とこれに挟まれた堤間湿地とが交互に海岸線に平行して並んでいるほか、背後の台地との間には旧潟湖、砂丘、自然堤防などが、更に台地内には谷底低地が分布するなど変化に富む。この低地の形成過程については、地形学的研究（今村, 1925；小笠原, 1952；中野, 1956 など）や貝塚から海岸線の位置を推定する考古学的研究（清水, 1954, 1958；江坂, 1972 など）が多数行われてきた。

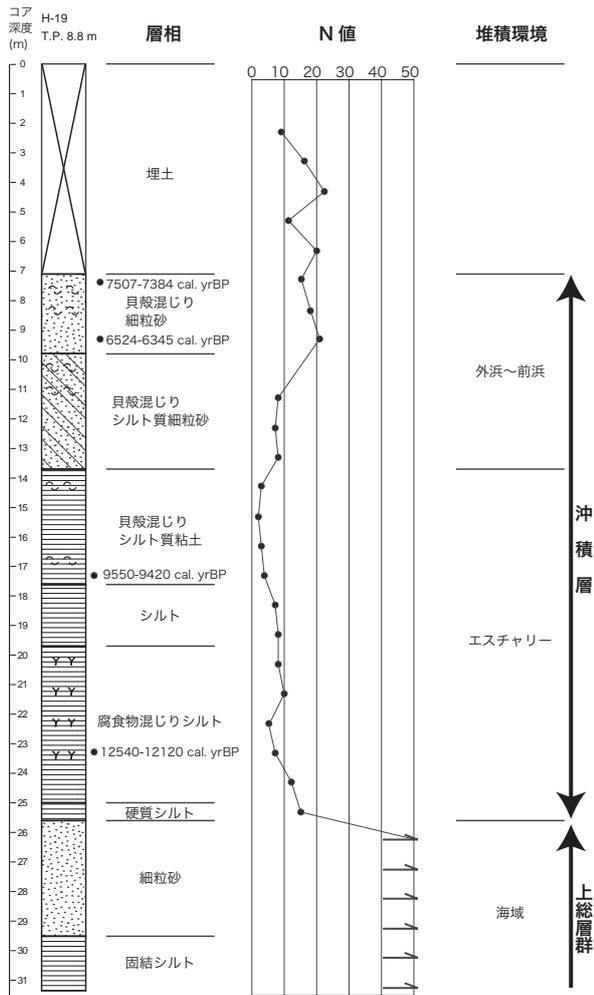
その後、年代学や考古学の知見を取り入れた地形や表層堆積物の研究として、森脇（1979）が完新世における九十九里浜平野の地形発達史を総括的に論じた。松島（1984）も貝殻から得られた放射性炭素年代などを用いて九十九里浜平野の海岸平野の発達史を論じた。茂原地域に限ると沖積表層堆積物の研究例は、白井・楡井（1975）による長南町の一宮川上流に露出した沖積層に含まれる泥炭層の放射性炭素年代測定と産出貝化石の報告、森脇（1977）による一宮川南部の完新世段丘堆積物と北部の浜堤堆積物の編年及び対比の研究がある。

一方、九十九里浜平野地下に分布する沖積谷埋堆積物については、ボーリングデータを用いた研究が行われている。1980年代には、わずかにボーリングデータ（国土地理院, 1985, 1987；千葉県, 1997 など）や基底面高度図（関東地方土木地質図編纂委員会, 1996）が公表されていただけであったが、最近では、学術目的のボーリ

ングコアの解析を基に、沖積層の形成史が詳しく論じられるようになった。増田ほか（2001a, b）や Tamura *et al.*（2003, 2007）は、茂原地域よりも北の九十九里浜平野中南部において、ボーリングコアの堆積相解析や放射性炭素年代測定を行うことによって、沖積層の発達過程や地殻変動、海水準変動を解析した。風岡ほか（2006）は大網白里市周辺におけるボーリングデータから沖積層基底標高の分布を示した。田村ほか（2007）、Tamura *et al.*（2008, 2010）は、地中レーダ（GPR）を用いて沖積層の浅層地下の堆積構造とそれに基づく地殻変動を論じた。茂原地域では、宍倉ほか（2014）によって、長生村と一宮町の九十九里浜平野において、地中レーダやボーリングなどによる調査が行われた。

九十九里浜平野では、地震時に発生した液状化－流動化現象のメカニズムについて千葉県環境研究センターによる一連の研究報告がある。例えば、1987年千葉県東方沖地震時に発生した液状化－流動化については、茂原地域の東浪見町（風岡ほか, 2004）や白子町（風岡ほか, 2009）で報告されている。九十九里浜の土砂供給や沿岸漂砂の推定といった海岸工学的及び土木工学的な研究もされている（堀川・砂村, 1971；宇多, 1989；宇多ほか, 2000；星上ほか, 2006）。

茂原地域における沖積層についての研究は少なく、基盤から表層までの層相変化を示したのは、千葉県（1997）による茂原市茂原付近のボーリングデータの例だけである。そこで本報告では、茂原市役所で保管されているボーリングコアと千葉県地質環境インフォメーションバンク（千葉県, 2014）に登録されているボーリングデータ、そして一宮川低地及び植生川低地で観察される露頭データを用いて茂原低地の沖積層の分布や年代について検討を行った。沖積層とその下位に分布する基盤となる上総層群の区別については、N値が50を超えた地層は上総層群と認識した（第6.1図）。ただし、貝殻など粗粒な堆積物を含むことでN値が50を超える海浜の砂層もあるが、その場合はデータの記事やその上下の地層の特徴から沖積層かどうか判断した。沖積層の基底面等高線図（第6.2図）は、上総層群に達するボーリングデータにおける沖積層の基底深度の分布を図示したものである。以下の記載で述べる放射性炭素年代では、茂原地域の地質調査で測定した年代については $\delta^{13}\text{C}$ で補正した $^{14}\text{C}$ 年代を記載し、その後に括弧内に $2\sigma$ の誤差範囲の暦年



第 6. 1 図 長生村藪塚におけるボーリング柱状図 (H-19 孔)  
ボーリング地点は第 6. 3 図を参照。

代を記す。

## 6. 2 沖積谷埋堆積物

茂原地域の低地地下には、最終氷期最盛期頃に形成された開析谷を充填した未固結の沖積谷埋堆積物が分布している。この堆積物は地表には露出していないため地質図には表示できない。縄文海進最盛期には丘陵奥部まで海水が浸入してエスチュアリー・内湾環境が広がり、沖積谷埋堆積物が堆積していたと考えられる。そこでボーリングデータや露頭情報に基づき、縄文海進最盛期の汀線位置を推定し、地質図に汀線位置を破線で示した。

### 〔分布〕

沖積層の基底面等高線図 (第 6. 2 図) をみると、茂原低地、一宮川低地、埴生川低地、そして丘陵部の小河川の地下には沖積谷埋堆積物が内在している。一宮川低地及び埴生川低地から茂原低地の西縁から 5 km 程度にかけての層厚は約 10 ~ 20 m である。一方、それより沿

岸部にあたる東部の層厚は約 20 ~ 30 m、厚いところで約 50 m に達する。基底地形をみると、丘陵部から太平洋に直接流れ込んでいたと推定される河川によりいくつもの谷地形が形成されており、それらが南白亀川と一宮川河口の間の位置に河川が集まることで幅約 5 km の大きな谷地形が形成されている。現在の丘陵から流れ出す小河川は茂原低地を蛇行して一宮川に合流するという場合が多いが、最終氷期最盛期の河川の流路は全く異なることがわかる。

### 〔層相〕

茂原低地のほぼ中央におけるボーリングデータに基づく東西断面と南北断面の測線及び沖積谷埋堆積物の断面図 (第 6. 3 図、第 6. 4 図及び第 6. 5 図) を示す。この谷埋堆積物は層相の違いに基づき 3 つの累重パターンが認められる。一つ目は、基盤となる上総層群の上に、下位より腐植土や貝化石が含まれる泥層・砂質泥層、海生貝化石を含む淘汰の良い細粒砂層が累重するパターンで (H-19 地点: 第 6. 1 図; H-3, 4, 7, 8, 13, 14, 15, 17, 18 地点: 第 6. 4 図; 第 6. 5 図), それぞれがエスチュアリー相から下部外浜・海浜相への環境変化を示す。二つ目は基盤の上に海生貝化石を含む淘汰の良い細粒砂層が重なるパターンであり (H-5, 6, 16 地点: 第 6. 4 図; 第 6. 5 図), 基盤の上に直接下部外浜・海浜相が重なっている。三つ目は、基盤の上に、下位より腐植土や貝化石が含まれる泥層・砂質泥層、その上位に汽水生及び海生の貝化石や植物化石を含む細粒砂層や泥質砂層、泥層、泥炭層が累重するパターンで (H-1, 2, 9, 10, 11, 12 地点: 第 6. 4 図; 第 6. 5 図), エスチュアリー相から内湾・ラグーン相への変化を示す。3 つの累重パターンの最上部には、後述する表層堆積物である後背湿地堆積物 (bm) や浜堤堆積物 (Br1, Br2, Br3) が広範囲で重なっており、一宮川流域では旧河道堆積物 (ac), 自然堤防堆積物 (al) が重なる場合もある。

一宮川低地や埴生川低地においては、地表 (上市場面) から 10 m 弱の深度に海生及び汽水生貝化石を含む細粒～泥質砂層、砂質泥層が露頭として観察される (第 6. 6 図)。

### 〔放射性炭素年代〕

茂原地域の完新統から産出した貝殻や植物片の試料を用いて 19 点の放射性炭素年代測定を行った (第 6. 1 表)。試料は 4 地点のボーリングコアから 13 点、6 地点の露頭から 6 点である。ボーリング地点 H-3, H-4, H-5 の年代値と層準は第 6. 4 図、H-19 は第 6. 1 図に示した。

H-3, H-4, H-5 地点のボーリングコアに含まれる貝殻や植物を用いて放射性炭素年代を測定した結果 (第 6. 4 図; 第 6. 1 表), 谷埋堆積物の堆積時期は約 12,000 ~ 9,000 年前の縄文海進初期にあたり、外浜～海浜堆積物 (第 I 浜堤群の位置に相当) は約 7,000 ~ 5,000 年前の縄文海進最盛期にあたる事が判明した。また、H-3, H-4,



第 6. 2 図 沖積層の基底面等高線図

黒丸は等高線図作成に参考にした基盤に達したボーリング地点，白丸は基盤に達していない地点を示す。等高線は標高。沿岸域はボーリングデータが少ないことにより，等高線の精度が低い地域は破線で示す。

H-5 の順に海側に向かって外浜・海浜堆積物の形成年代が新しくなっている可能性が認められた。これは、増田ほか (2001b) によって示された海岸線や浜堤が沖方向に前進していることと調和的である。

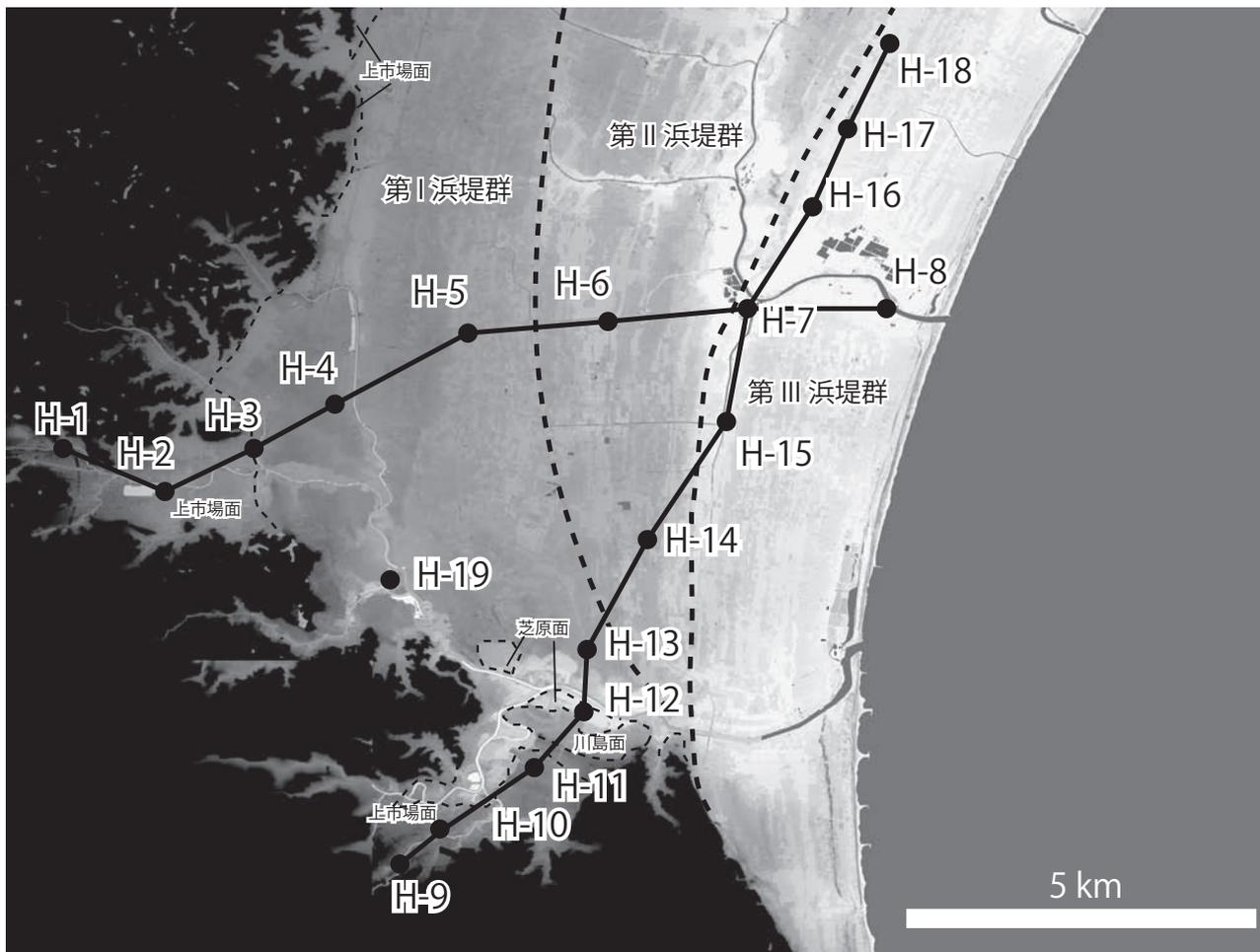
第 6. 4 図の外浜～前浜の堆積物から測定した放射性炭素年代をみると，上位が  $6,930 \pm 30$  yrBP (7,507 ~ 7,384 cal. yrBP)，下位が  $6,020 \pm 30$  yrBP (6,524 ~ 6,345 cal. yrBP) となり，上位が古い値となっている。外浜や前浜のような波浪による浸食を常に受ける堆積場では，年代値の逆転がみられる場合があるので，測定試料の二次堆積の可能性が考えられる。また，茂原市小林的標高 4.4 m で採取された貝殻から  $7,790 \pm 40$  yrBP (8,340 ~ 8,160 cal. yrBP) という年代値が得られたが，近接地点の標高 9.6 m の前浜堆積物からは約 6,000 年という年代も得られている (Shishikura, 2014)。

[テフラ]

茂原市<sup>すみだ</sup>墨田や長南町須田，睦沢町<sup>しものごう</sup>下之郷における地形面の数 m 下位に位置する泥質砂層において火山ガラスが散在しており、堆積物から火山ガラスと角閃石を抽出し屈折率を分析した(第 6. 2 表)。火山ガラスについては、両産地ともに屈折率の低い繊維型と屈折率の高い褐色に色づいたバブル型が混在していた。繊維型火山ガラスは屈折率の類似から両産地は対比できると思われる。バブル型については、茂原市墨田の火山ガラスは色と屈折率が鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah; ca. 7,240 cal. yrBP; 町田・新井, 1978; 中川ほか, 2013) と類似している。一方、睦沢町下之郷のガラスは鬼界アカホヤ火山灰のものと同様ではないが (第 6. 2 表)、貝化石の放射性炭素年代は鬼界アカホヤ火山灰降灰時に近い  $7430 \pm 30$  yrBP (7,967 ~ 7,816 cal. yrBP) を示している (第 6. 1 表)。

[貝化石]

茂原地域の 6 地点の沖積層から採集された貝化石は、



第 6. 3 図 本図幅内に分布する完新世の地形面と検討したボーリングコアの位置図と測線

巻貝 29 種，二枚貝 50 種が同定された。その結果を表に示す（第 6. 3 表）。

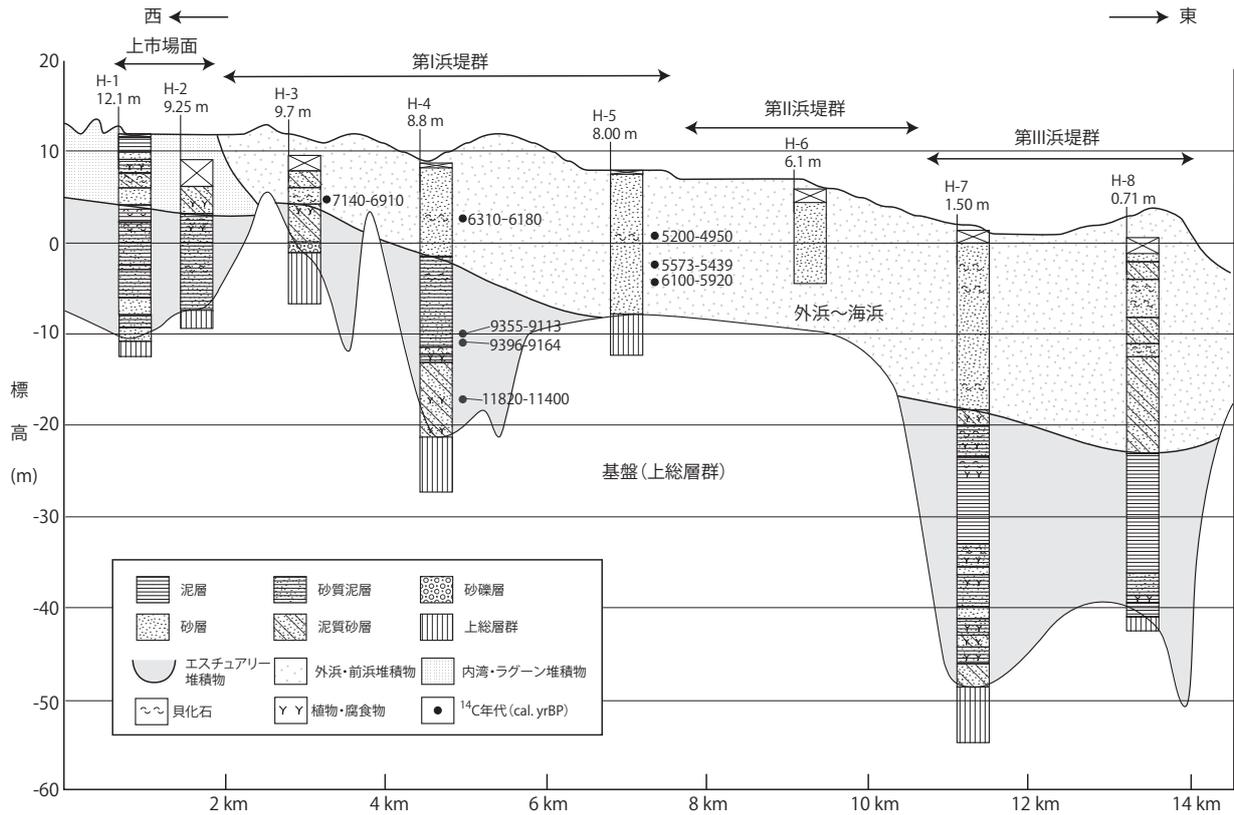
茂原地域における最初の貝化石の報告は Nomura (1932) によるものであり，巻貝 32 種，二枚貝 40 種が報告されている。ただし産地や層準が明確でないため，報告された全種が沖積層からのものかどうかは明確ではない。Nomura (1932) 以降では，茂原市内の河床や工事現場から貝化石の産出が報告された。茂原市内長谷の豊田川河床，茂原市小林の阿久川河床，茂原市高師の阿久川河床などの低地面を下刻した河川の河床面に貝化石層が露出していることが，茂原市民の間ではよく知られており，地質ガイドブックにも紹介されている（浅賀編，1992 など）。また，茂原市茂原の旧市役所や茂原郵便局などの建設現場で地下を掘削した地層からも貝化石が多産しているとの報告がある（茂原市教育委員会生涯学習課編，2012）。これらの貝化石は低地表面から数 m 地下の地層から多産するという特徴があり，地元では「茂原貝層」と呼ばれている（茂原市史編さん委員会編，1966；もばら風土記編集委員会編，1991；浅賀編，1992；茂原市教育委員会生涯学習課編，2012 など）。近

年では，茂原市猿袋さるぶくろにおいては，調整池の大規模造成工事によって，標高約 2 m から層厚 50 cm ～ 100 cm の貝化石層が広域に露出した（第 6. 7 図）。市の職員によって約 70 種の巻貝や二枚貝が採集され（第 6. 3 表），貝化石は茂原市立美術館・郷土資料館に所蔵されている。今回，茂原貝層と呼ばれている産地の代表的な貝化石の放射性炭素年代測定をした結果， $7,790 \pm 40$  (8,340 ～ 8,160 cal. yrBP) ～  $6,400 \pm 20$  yrBP (6,965 ～ 6,785 cal. yrBP) と 1,000 年以上の年代幅があることが判明した（第 6. 1 表），ゆえに，茂原貝層と呼ばれる含化石層は，同層準ではないと結論付けられる。

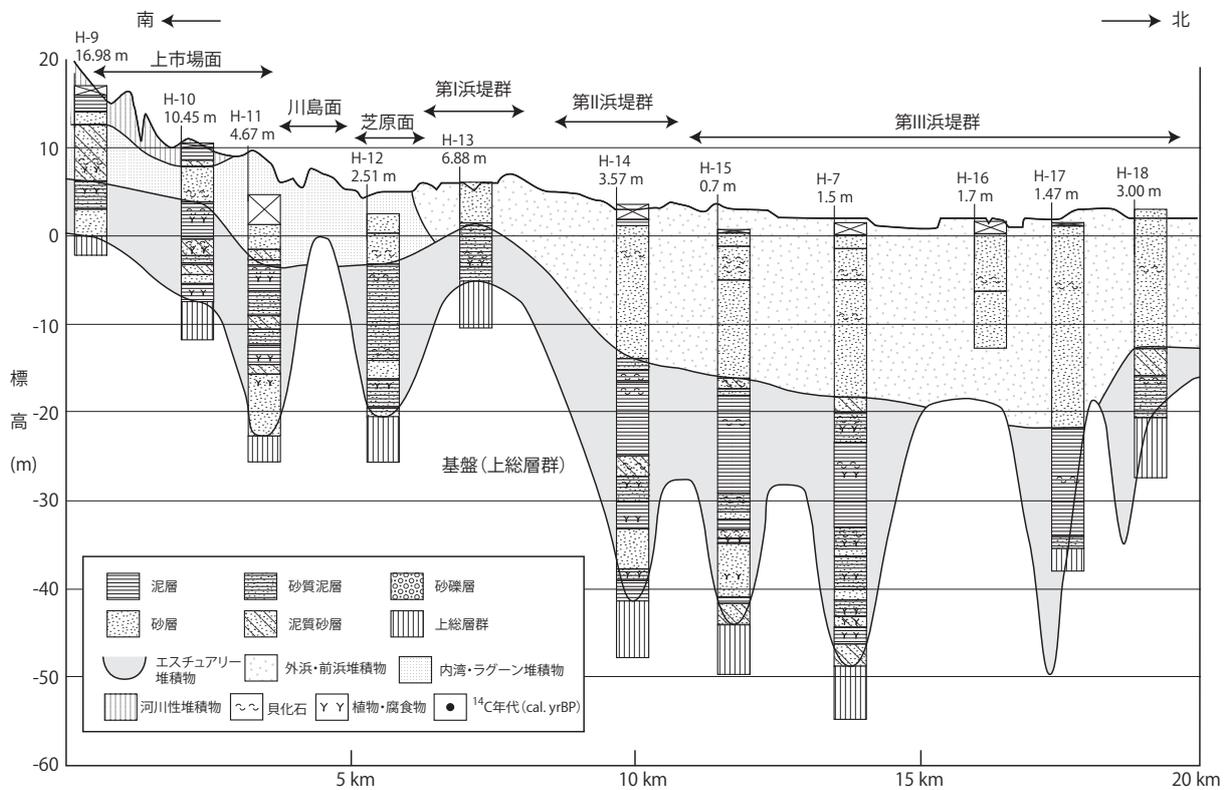
茂原貝層と呼ばれる産地ほど多種ではないが，一宮川・埴生川低地の長南町岩川や芝原，睦沢町下之郷では干潟などの汽水環境を示唆する貝化石が産する（第 6. 3 表；白井・楡井，1975）。

#### 〔脊椎動物化石〕

茂原市史編さん委員会編（1966）によれば，茂原市茂原（旧市役所敷地内）からクジラの脊椎骨などが多数見つかっている。これらの骨は茂原市立美術館・郷土資料館に保管されている。茂原市立木でもクジラ化石が見つ



第 6. 4 図 茂原低地の東西断面におけるボーリング柱状図  
断面の測線、ボーリング地点は第 6. 3 図を参照。



第 6. 5 図 茂原低地の南北断面におけるボーリング柱状図  
断面の測線、ボーリング地点は第 6. 3 図を参照。



第 6. 6 図 上市場面を構成する泥質砂層  
撮影地：陸沢町下之郷矢尻の埴生川河床（付図の Loc. 6-9）。巻貝化石 *Batillaria zonalis* などの潮間帯の貝化石が産する。スケールは 10 cm.



第 6. 7 図 沖積層の砂層にみられる貝化石密集層  
茂原市猿袋（付図の Loc. 6-7）の造成地露頭において、大型の二枚貝類が密集している。ツルハシの長さは約 50 cm. 古川孝衛氏撮影。

第 6. 1 表 沖積層に含まれる試料の放射性炭素年代測定結果

分析試料	場所		標高(m) T.P.	<sup>14</sup> C年代 yrBP	暦年補正年代(2σ) cal. yrBP	Lab. ID
植物片	茂原市高師(茂原中学校)	ボーリングコア H-4	-17.65~-17.35	10070 ± 40	11820 - 11400	Beta- 370718
二枚貝 <i>Trapezium liratum</i> (Reeve)	茂原市高師(茂原中学校)	ボーリングコア H-4	-11.65~-11.35	8620 ± 30	9396 - 9164	IAAA-134163
二枚貝 <i>Pillucina pisidium</i> (Dunker)	茂原市高師(茂原中学校)	ボーリングコア H-4	-10.65~-10.35	8580 ± 30	9355 - 9113	IAAA-133787
二枚貝 <i>Meretrix lusoria</i> (Röding)	茂原市高師(茂原中学校)	ボーリングコア H-4	3.65~3.35	5840 ± 40	6310 - 6180	Beta- 370720
二枚貝 <i>Mactra chinensis</i> Philippi	茂原市谷本(東郷小学校)	ボーリングコア H-5	-7.45~-7.15	5620 ± 30	6100 - 5920	Beta- 371841
二枚貝片	茂原市谷本(東郷小学校)	ボーリングコア H-5	-6.45~-6.15	5130 ± 30	5573 - 5439	IAAA-134164
二枚貝 <i>Mactra chinensis</i> Philippi	茂原市谷本(東郷小学校)	ボーリングコア H-5	0.85~0.55	4790 ± 30	5200 - 4950	Beta- 371842
二枚貝 <i>Mactra chinensis</i> Philippi	茂原市茂原(茂原市庁舎)	ボーリングコア H-3	4.55~4.25	6510 ± 40	7140 - 6910	Beta- 371843
植物片	長生村藪塚(長生広域センター)	ボーリングコア H-19	-14.65~-14.35	10440 ± 50	12540 - 12120	Beta- 372386
二枚貝 <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg)	長生村藪塚(長生広域センター)	ボーリングコア H-19	-8.65~-8.35	8840 ± 50	9550 - 9420	Beta- 372387
二枚貝片	長生村藪塚(長生広域センター)	ボーリングコア H-19	-0.65~-0.35	6020 ± 30	6524 - 6345	IAAA-133789
二枚貝片	長生村藪塚(長生広域センター)	ボーリングコア H-19	1.65~1.35	6930 ± 30	7507 - 7384	IAAA-133790
二枚貝 <i>Ruditapes philippinarum</i> (Adams & Reeve)	茂原市茂原(朝日の森保育所)	ボーリングコア Loc. 6-5	4.85~4.55	6560 ± 30	7166 - 6981	IAAA-133791
二枚貝 <i>Solen strictus</i> Gould	茂原市猿袋	露頭 Loc. 6-7	2.5	6190 ± 40	6720 - 6530	Beta- 357695
二枚貝 <i>Meretrix lusoria</i> (Röding)	茂原市内長谷	露頭 Loc. 6-3	7.2	6830 ± 30	7410 - 7290	Beta- 366440
二枚貝 <i>Scapharca broughtonii</i> (Schrenck)	茂原市小林	露頭 Loc. 6-2	4.4	7790 ± 40	8340 - 8160	Beta- 366441
二枚貝 <i>Phacosoma japonicum</i> (Reeve)	茂原市茂原	露頭 Loc. 6-4	5.3	6400 ± 30	6965 - 6785	IAAA-133792
巻貝 <i>Batillaria zonalis</i> (Bruguère)	陸沢町下之郷	露頭 Loc. 6-9	3.2	7430 ± 30	7967 - 7816	IAAA-140416
植物片(複数)	陸沢町上之郷	露頭 Loc. 6-11	6.5	5270 ± 30	6180 - 6142, 6125 - 5982, 5975 - 5941	IAAA-140417

Loc. no. は付図を参照。ボーリングコアは第 6. 3 図を参照。

第 6. 2 表 沖積層の主なテフラの特徴

試料採取地点	重鉱物組成	ガラスの形態	火山ガラスの屈折率 n (モード)	角閃石の屈折率 n <sub>2</sub>
茂原市墨田(Loc. 6-6)	ho, opx	+fbgl, +bwgl	1.496-1.503(1.496-1.498), 1.505-1.515	1.680-1.693
陸沢町下之郷(Loc. 6-9)	ho, opx	+fbgl, +bwgl	1.497-1.501(1.498), 1.505-1.508	—

opx: 斜方輝石, cpx: 普通輝石, ho:角閃石, bwgl: バブル型火山ガラス, fbgl: 繊維型火山ガラス。

Loc. no. は付図を参照。

第 6. 3 表 茂原地域の沖積層から産出した貝化石

学名	和名	茂原市小川林(Loc. 6-2)	茂原市内長谷(Loc. 6-3)	茂原市茂原(Loc. 6-4)	茂原市篠袋(Loc. 6-7)	長瀬町下之郷(Loc. 6-9)	長瀬町芝原(Loc. 6-10)
<b>巻貝類</b>							
<i>Chlorostoma lischkei</i> Tapparone-Canefri	クボガイ				1		
<i>Omphalius rusticus</i> (Gmelin)	コシダカガンガラ				1		
<i>Calliostoma unicum</i> (Dunker)	エビスガイ				1		
<i>Umbonium moniliferum</i> (Lamarck)	イボキサゴ	1					
<i>Umbonium giganteum</i> (Lesson)	ダンバイキサゴ			5	39		
<i>Homalopoma granuliferum</i> Nomura & Hatai	ワニカワザンショウ				1		
<i>Turbo cornutus</i> Lightfoot	サザエ			1			
<i>Batillaria multiformis</i> (Lischke)	ウミナ				1		
<i>Batillaria zonalis</i> (Bruguère)	イボウミナ	4		6	13	5	7
<i>Batillaria cumingi</i> (Crosse)	ボソウミナ		1				
<i>Cerithidea rhizophorarum</i> A. Adams	フトヘナタリ			1			
<i>Cerithidea djadjariensis</i> (Martin)	カワガイ				2		1
<i>Serpulorbis imbricatus</i> (Dunker)	オオヘビガイ				6		
<i>Glossaulax didyma</i> (Röding)	ツメタガイ			17	39		
<i>Cryptonatica andoi</i> (Nomura)	エゾタマガイ				1		
<i>Tonna luteostoma</i> (Küster)	ヤツノロガイ				5		
<i>Cymatium exaratum</i> (Reeve)	ククリボラ				1		
<i>Thais bronni</i> (Dunker)	レインガイ				14		
<i>Rapana venosa</i> (Valenciennes)	アカニシ				6		
<i>Mitrella martensi</i> (Lischke)	マルテンマツムシ					1	
<i>Reticunassa festiva</i> (Powy)	アラムシロ					2	
<i>Neptunea arthritica</i> (Bernardi)	ヒメエゾボラ				5		
<i>Babylonia japonica</i> (Reeve)	バイ		3	31			
<i>Siphonalia fusoides</i> (Reeve)	トワイトガイ				1		
<i>Fusinus perplexus</i> (A. Adams)	ナガニシ				1		
<i>Olivella japonica</i> Pilsbry	ホタルガイ				1		
<i>Cancellaria nodulifera</i> Sowerby	トカンオリレ				1		
<i>Semisulcospira libertina</i> (Gould)	カワニ(淡水生)				7		
<i>Sinotia quadrata histrica</i> (Gould)	ヒメタニシ(現生?)	2	1				
<b>二枚貝類</b>							
<i>Arca boucardi</i> Jousseau	コベルトフネガイ				1		
<i>Scapharca satowi</i> (Dunker)	サトウガイ		1	1	33		
<i>Scapharca broughtonii</i> (Schrenck)	アカガイ		1	4			
<i>Scapharca kagoshimensis</i> (Tokunaga)	サルボウ				2		
<i>Tagellarca granosa</i> (Linnaeus)	ハイガイ				9	6	1
<i>Porterius dalli</i> (Smith)	シコロガイ				1		
<i>Glycymeris imperialis</i> Kuroda	ミタマキガイ	1					
<i>Mizuhopecten tokyoensis</i> (Tokunaga)	トウキョウホタテ(更新世)				3		
<i>Pecten albicans</i> (Schroter)	イタヤガイ				1		
<i>Anomia chinensis</i> Philippi	ナミマガシワ			2	8		
<i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg)	マガキ	3	2	24			
<i>Dendostrea paulucciae</i> (Crosse)	カモノアシガイ				3		
<i>Ostreidae</i> gen. et sp. indet.	イタボガキ科				2		
<i>Ostrea denselamellosa</i> Lischke	イタボガキ				1		
<i>Mytilus coruscus</i> Gould	イガイ				1		
<i>Modiolus nipponicus</i> (Oyama)	ヒバリガイ				4		
<i>Corbicula japonica</i> Prime	ヤマトシジミ		4				
<i>Fulvia mutica</i> (Reeve)	トリガイ				2		
<i>Mactra chinensis</i> Philippi	ハカガイ			4	1		
<i>Mactra veneriformis</i> Deshayes	シオフキ				1	2	
<i>Mactra crossei</i> (Dunker)	ヒメハカガイ				1		
<i>Coelomactra antiquata</i> (Spengler)	アリソガイ				12		
<i>Tresus keenae</i> Kuroda & Habe	ミルクイ				2		
<i>Chion semigranosa</i> (Dunker)	フノハナガイ				16		
<i>Latona kiusiuensis</i> (Pilsbry)	キューシュウナミノコ				3		
<i>Macoma contabulata</i> (Deshayes)	サビシラトリ				4		
<i>Macoma praetexta</i> (Martens)	オオモノノハナ				1		
<i>Tellinimactra edentula</i> (Spengler)	タイワンシラトリ				1		
<i>Macoma sector</i> Oyama	サギガイ				11		
<i>Macoma incongrua</i> (Martens)	ヒメシラトリ				9		3
<i>Solen strictus</i> Gould	マテガイ		3	13	1		
<i>Solen grandis</i> Dunker	オオマテガイ				6		
<i>Solen krusensternii</i> Schrenck	エゾマテガイ				2		
<i>Corbicula japonica</i> Prime	ヤマトシジミ				1		
<i>Petricolirus aequistriatus</i> (Sowerby)	シオフキ				2	16	
<i>Protothaca jodoensis</i> (Lischke)	オニアサリ				1		
<i>Protothaca schenckii</i> (Nomura)	メオニアサリ		2	1	48		
<i>Phacosoma japonicum</i> (Reeve)	カガミガイ	1			3	8	
<i>Dosinorbis bilunulatus</i> (Gray)	ヒナガイ					1	
<i>Ruditapes philippinarum</i> (Adams & Reeve)	アサリ	1	9		2		
<i>Saxidomus purpurata</i> (Sowerby)	ウチムラサキ				13	28	
<i>Meretrix lusoria</i> (Röding)	ハマグリ	12	17	84	71		
<i>Meretrix lamarkii</i> Deshayes	チョウセンハマグリ				59	7	
<i>Cyclina sinensis</i> (Gmelin)	オキシジミ	1				4	
<i>Cyclosunetta menstrualis</i> (Menke)	ウスレガイ				2	17	
<i>Mya japonica</i> Jay	オノノガイ					3	
<i>Panopea japonica</i> A. Adams	ナミガイ					2	
<i>Zirfaea subconstricta</i> (Yokoyama)	ニオガイモドキ					1	
<i>Unionidae</i> gen. et sp. indet.	イシガイ科					1	
<i>Scaphechinus mirabilis</i> (A. Agassiz)	ハスノハカシバン					2	

Loc. no. は付図を参照.

かっている(睦沢村史編さん委員会, 1977). 長南町岩川においては, イノシシ化石が見つかる(白井・楡井, 1975).

### 6. 3 茂原低地の沖積表層堆積物

茂原低地の沖積表層堆積物は, 浜堤堆積物と後背湿地及び谷底低地堆積物が広く分布し, 一宮川や南白亀川流域に旧河道堆積物と自然堤防堆積物が分布する.

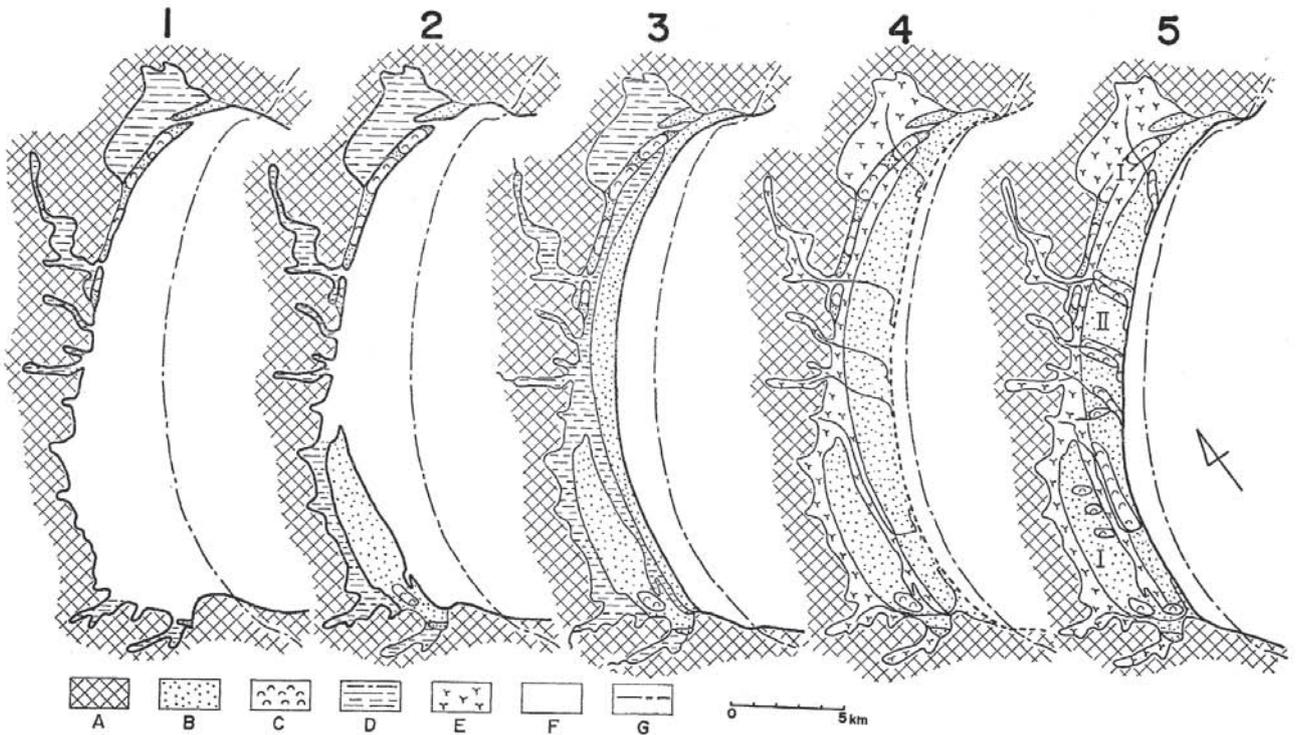
浜堤堆積物 (Br1, Br2, Br3)・後背湿地及び谷底低地堆積物 (bm)

浜堤堆積物は茂原低地の沿岸から内陸にかけて, ほぼ全域に北北東-南南西方向に伸びるように微高地として分布している. 浜堤と浜堤の間には堤間湿地となる後背湿地及び谷底低地堆積物が分布する. 浜堤堆積物はパイプ状や白斑状の生痕化石がしばしばみられる淘汰の良い中-細粒砂層からなる. 森脇(1979)は九十九里浜平野に広がる浜堤について, 台地から海岸までの約 10 km の幅に浜堤と堤間湿地が 10 列以上分布しているとし, 平面的配列, 堤幅, 高度の違い, 腐植土の分布, 堤間湿地の広さなどから内陸より第 I 砂堤群, 第 II 砂堤群, 第 III 砂堤群の 3 つに区分した. 本報告でも森脇(1979)に従い, それぞれ第 I 浜堤堆積物 (Br1), 第 II 浜堤堆積物 (Br2), 第 III 浜堤堆積物 (Br3) の 3 区分とした(第 1. 4 図). それぞれの浜堤堆積物の標高は, 第 I が約 6 ~ 10 m, 第 II が約 3 ~ 6 m, 第 III が約 1 ~ 3 m である. それぞれの形成年代は, 貝殻や木片の <sup>14</sup>C 年代, 先史遺跡・遺物の分布などから, 第 I 浜堤群が縄文前期-中期の約 6,000 ~ 4,000 年前(未補正), 第 II 浜堤群が縄文後期・晩期の約 4,000 ~ 2,000 年前(未補正), 第 III 浜堤群が古墳時代以降の約 1,500 年前以降(未補正)に形成されたことが明らかにされている(第 6. 8 図; 森脇, 1979). また森脇(1977)は, 茂原低地の浜堤堆積物には約 1 m の腐植土層がみられ, 新期と古期の腐植土層に区別されることを示した. 茂原市本納などの茂原低地と丘陵の境界には, 標高 10 m ほどに第 I 浜堤堆積物がみられるが, ここでは貝化石を含む浜堤の砂層が更に泥層や腐植土に覆われており(第 6. 9 図), 泥質堆積物は浜堤形成後に成立したラグーン環境と考えられる.

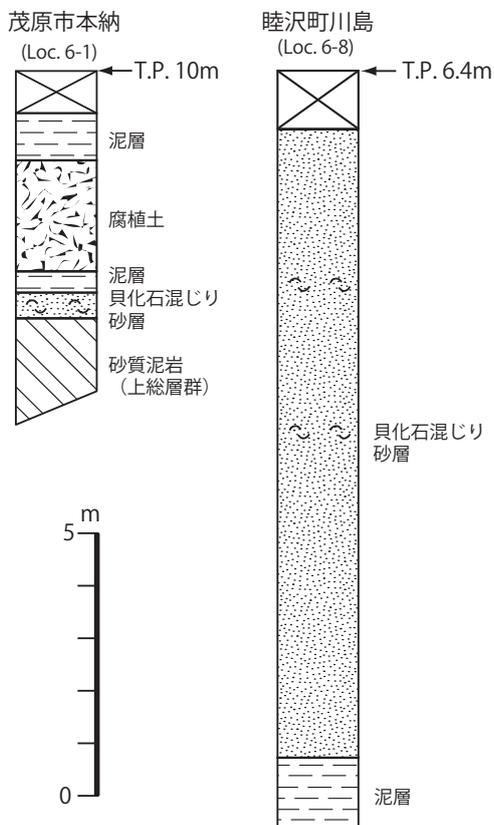
後背湿地及び谷底低地堆積物 (bm) は浜堤間に分布し, 腐植土・泥炭と泥質砂からなる(森脇, 1979).

旧河道堆積物 (ac)・自然堤防堆積物 (al)

旧河道堆積物は一宮川河口付近によく分布し, 上部が厚さ 1 m 内外の泥層, 下部が小磯混じりの砂層からなる. なお旧河道としたものには, 人為的な河道の切りかえによるものも含まれている. 自然堤防堆積物は一宮川と南白亀川流域に分布する. この堆積物は中粒ないし細粒砂層からなるが, 浜堤堆積物より粗粒の砂層から構成されている.



第 6. 8 図 森脇 (1979) による九十九里浜平野における浜堤列の発達史  
 1: 縄文時代早期 (ca. 6,000 ~ 5,000 yrBP), 2: 縄文時代早~中期 (ca. 5,500 ~ 4,000 yrBP), 3: 縄文時代後期 (ca. 4,000 ~ 3,000 yrBP), 4: 縄文時代後期~弥生時代 (ca. 3,000 ~ 2,000 yrBP), 5: 弥生時代~古墳時代 (ca. 2,000 ~ 1,500 yrBP). A: 台地, B: バリアー、浜堤, C: デューン, D: 内湾、ラグーン, E: 湿地, F: 海, G: 現在の海岸線. ©日本第四紀学会.



←第 6. 9 図 茂原市本納と睦沢町川島のボーリング柱状図  
 Loc. no. は付図を参照.

#### 6. 4 一宮川・埴生川低地及び丘陵部の小河川流域の沖積表層堆積物

丘陵を下刻した河川流域の表層堆積物には後背湿地及び谷底低地堆積物 (bm) が広く分布しており、ほかには第 I 浜堤堆積物 (Br1)、第 II 浜堤堆積物 (Br2)、自然堤防堆積物 (al)、旧河道堆積物 (ac) が分布する。森脇 (1977) では、沖積段丘面である<sup>かみいちば</sup>川島面、川島面、芝原面を構成する地層をそれぞれ上市場層、川島層、芝原層としたが、これらはいくまで沖積層の表層堆積物であり、沖積層内での層位関係が明確でないので本報告ではこの地層名は用いない。

##### 第 I 浜堤堆積物 (Br1)

陸沢町上市場の上市場面には標高が約 10 m の東西方向に伸びる 4 列の砂堆が発達している。森脇 (1977) によれば、下位からラミナの発達する白斑状生痕の認められる淘汰の良い砂層、管状生痕が認められる砂層、表層には厚さ 1 m の腐植土層があると記載され、縄文海進最盛期時のエスチュアリー湾口に生じた砂嘴と考えられる。この堆積物は茂原低地の第 I 浜堤群に対比される (森脇, 1977)。茂原低地の第 I 浜堤群や陸沢町上市場付近の上市場面の本堆積物には縄文前期後半の土器が出土することから (第 6. 10 図; 風間, 2013)、縄文前期後半には第 I 浜堤群が形成されたと推定される。

##### 第 II 浜堤堆積物 (Br2)

陸沢町川島には、上市場面より数 m 低く標高 6 m ほどの段丘面がみられ、森脇 (1977) によって川島面とされている。ボーリングデータによると貝化石を含み、厚さ 10 m 前後の砂層で構成され (第 6. 9 図)、海成砂層と考えられる。埴生川低地の丘陵出口を閉ざすように東西に分布することから、上市場付近の第 I 浜堤群堆積物と同様な砂嘴を構成すると考えられる。一宮町では、縄文後期の土器が出土する貝殻塚貝塚 (第 6. 10 図; 風間, 2013) の前面に川島面が分布することから、この堆積物も縄文後期には形成されていたのであろう。森脇 (1977) によれば、茂原低地の第 II 浜堤群に相当すると考えられている。

##### 旧河道堆積物 (ac)・自然堤防堆積物 (al)

旧河道堆積物と自然堤防堆積物は主に陸沢町上市場、川島周辺の一宮川流域と埴生川流域に分布する。自然堤防堆積物は 4 ~ 5 m の細粒砂層からなり、腐植物を含んでいる。

#### 後背湿地及び谷底低地堆積物 (bm)

##### [分布]

一宮川低地では一宮川の支流である阿久川、豊田川、三途川、鶴枝川に沿って、埴生川低地では一宮川の支流である埴生川、長楽寺川、瑞沢川に沿って分布する。森脇 (1977) による上市場面を構成する堆積物が相当する。また、一宮川中～下流域において、森脇 (1977) で記載された芝原面を構成する堆積物も本堆積物に相当する。

##### [層相]

上市場面における後背湿地及び谷底低地堆積物は埴生川低地でよく観察され (第 6. 11 図)、主に細～中粒砂層と腐植質泥層からなる河川成の堆積物であり、泥炭層が挟在する。約 5 m 程度の層厚である。陸沢町上之郷の瑞沢川では、標高 14 m の段丘面から 4.1 m 下位に、厚さ 3 m 以上の氾濫堆積物に 3 枚の腐植土層が含まれていることを確認した (第 6. 11 図)。海生及び汽水生貝化石を含む砂質泥層の上位に重なる。芝原面における本堆積物は、ボーリングデータや森脇 (1977) によれば層厚が 5 m 程度の淘汰の良い砂層からなる。

##### [年代]

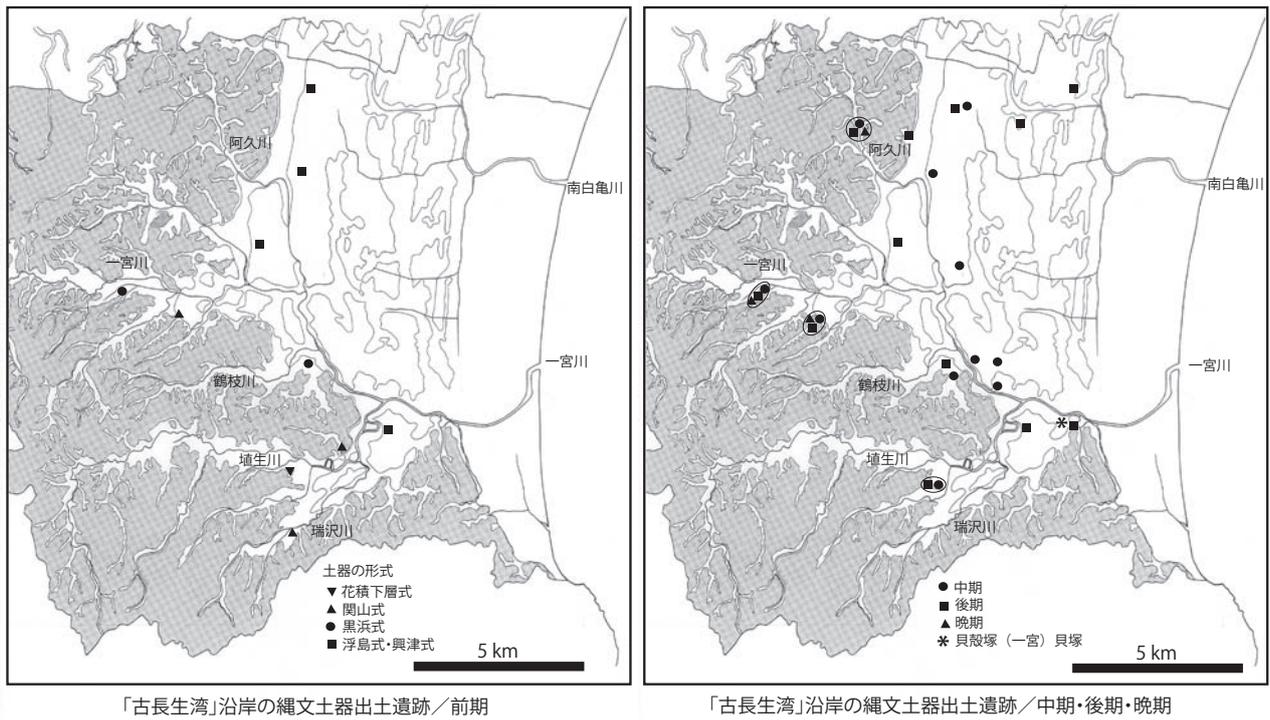
陸沢町上之郷 (第 6. 11 図) における腐植土層の放射性炭素年代は  $5,270 \pm 30$  yrBP (6,180 ~ 6,142, 6,125 ~ 5,982, 5,975 ~ 5,941 cal. yrBP) を示した (第 6. 1 表)。更に白井・楡井 (1975) によれば長南町岩川の貝化石を含む砂層の上位には 2 枚の泥炭層があり、それぞれの  $^{14}\text{C}$  年代は  $4,660 \pm 100$  yrBP,  $3,270 \pm 100$  yrBP と報告されている。長南町芝原の氾濫原堆積物の中の 2 枚の腐植土層の  $^{14}\text{C}$  年代は、上位が  $4,610 \pm 120$  yrBP, 下位が  $4,930 \pm 140$  yrBP である (森脇, 1977)。

上市場面はその年代から九十九里浜平野の第 I 砂堤群に対比される (森脇, 1977)。また段丘化した沖積平野<sup>おびつ</sup>面<sup>くる</sup>という意味においては、小櫃川や養老川における久留里 III 面 (鹿島, 1982; 徳橋・遠藤, 1984) に対比される。芝原面における堆積物は第 II 浜堤群と第 III 浜堤群の間に形成されたと考えられる (森脇, 1977; 第 5. 1 図)。

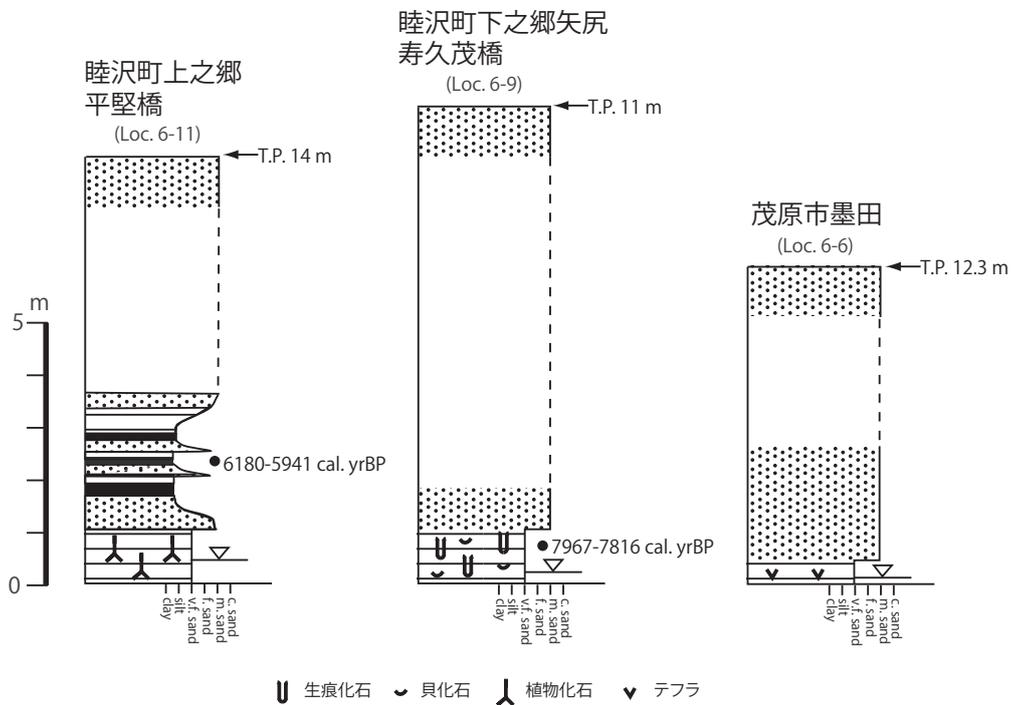
#### 6. 5 現世の海浜及び砂丘堆積物 (br) 及び人工堆積物 (am)

現世の海浜及び砂丘堆積物は、九十九里浜海岸及び一宮海岸に南北にわたって分布する。細粒砂から構成され、上総層群で構成された屏風ヶ浦と太東崎<sup>たいとうさき</sup>の海食崖からの崩落土砂、及び太東崎の南側に流入する夷隅川からの流出土砂が沿岸流によって輸送されたものとされる (堀川・砂村, 1971; 宇多ほか, 2000, 2009)。

人工堆積物は丘陵地の谷地形を埋積した埋土で、茂原市<sup>まん</sup>真名<sup>な</sup>や緑ヶ丘にみられる。



第 6. 10 図 「古長生湾」沿岸の縄文土器出土遺跡位置図  
 左図は縄文時代前期，右図は縄文時代中～晩期の遺跡位置を示す．風間（2013）に基づく．



第 6. 11 図 上市場面を構成する沖積層の露頭柱状図。  
 Loc. no. は付図を参照。

## 第7章 地殻変動と地質構造

(七山 太・中里裕臣)

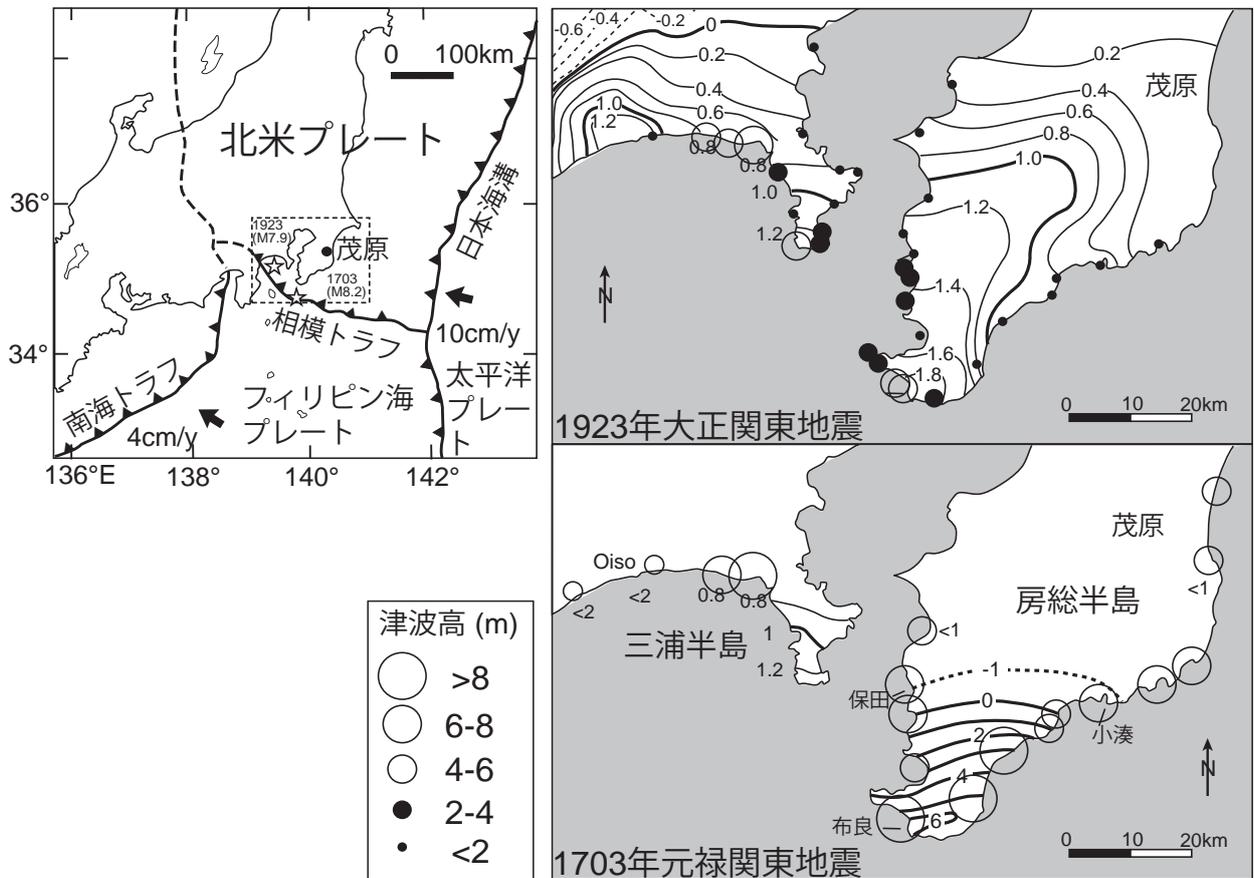
### 7.1 地殻変動

千葉県東部の地殻変動を評価する場合、国土地理院が示している「加藤・津村(1979)による各駿潮場の上下変動」が参考となる(国土地理院, 2015)。このデータによれば、1984年以来銚子漁港では $-2.40\text{ mm/年}$ の速度で地盤沈降が継続している。勝浦では1967年以来、 $-2.51\text{ mm/年}$ の速度で沈降し続けている。この間に位置する茂原地域も、現在 $-2.5\text{ mm}$ で沈降傾向にあると見るのが妥当であろう。しかし、変動地形学的に見て、茂原地域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る。

房総半島を隆起させた巨大地震として歴史的に知られるのは、1703年元禄関東地震(M8.2; 以下、元禄地震)

と1923年大正関東地震(M7.9; 以下、大正地震)である(宍倉, 2001; 宍倉・宮内, 2001; 第7.1図)。いずれも相模トラフ沿いに発生したプレート間地震と考えられている。これら2つの地震と同様の地殻変動を伴う地震(それぞれ元禄型地震、大正型地震と呼ぶ)が、過去からくり返し発生していたという考えは古くから報告されている(Imamura, 1928)。最近では、津波堆積物や低地の微地形に関する調査が進み、相模トラフ沿いの地震の再来間隔や地震性地殻変動と地形発達の関係などについて新たな知見が得られている(宍倉・宮内, 2001; 宍倉, 2001)。しかし、地震の記録が地形や地層中に良好に記録されている房総半島南部に対し、半島東部の地殻変動に関しては不明な点が多い。

茂原地域東部に位置する九十九里浜平野には、数十列



第7.1図 房総半島のテクトニックマップと1923年大正関東地震(M7.9)と1703年元禄関東地震(M8.2)による隆起量と津波高行谷ほか(2011)を編図した。

もの離水浜堤群が発達する。これらは1800年前頃以降、平均して90年に1列の割合で形成されている(砂村・岡崎, 1993)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ない(森脇, 1979)。すなわち、浜堤1列1列が地震隆起イベントと対応しているわけではないと考えられている(宍倉, 2001)。その一方で、増田ほか(2001a, b)、田村ほか(2007)、Tamura *et al.* (2008, 2010)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る。

ここで茂原地域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した場合、陸域には顕著な活断層が存在せず、沖合に向かって隆起量が増すことから、震源断層は九十九里浜沖に求められることになる。茂原地域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る(貝塚, 1974; 菊地, 2001)。鹿島房総隆起帯は、いわゆる関東造盆地運動の中で第四紀以降に顕著になった隆起部とされ、最近では中-上部更新統下総層群の研究(中里・佐藤, 2001; 岡崎ほか, 2001)からも注目されている。

房総半島の完新世における北西への傾動運動は、茂原地域の上総層群や下総層群の層向や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る(第7.1図)。貝塚(1974)は、房総半島南部が相模トラフ系の地震性地殻変動区であるのに対し、鹿島房総隆起帯は日本海溝系の地震性地殻変動区としての隆起帯をなしていると考えている。

日本海溝は北米プレートに太平洋プレートが沈み込むプレート境界であるが、沿岸から200 km近く離れており、また九十九里浜直下における太平洋スラブ上面の深度は約60 kmである(Ishida, 1992)。付近にはプレートの二重会合点があり、北米プレートと太平洋スラブとの間にフィリピン海スラブが挟まれた複雑な配置となっていることから、単純なプレート境界型地震のモデルでは茂原地域周辺の北西傾動は説明できないという考え方(宍倉, 2001)もある。

## 7.2 テフラ走向線図からみた地質構造

茂原地域に分布する上総層群及び下総層群の一般走向は、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る。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る。ただし、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製するのは容易ではない。しかし、上総層群中にはよく連続するテフラ鍵層や特徴的な地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る(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らかである(第7.2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い。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る(第7.3図)。更に、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、露頭観察ではほとんど傾動は認められない。

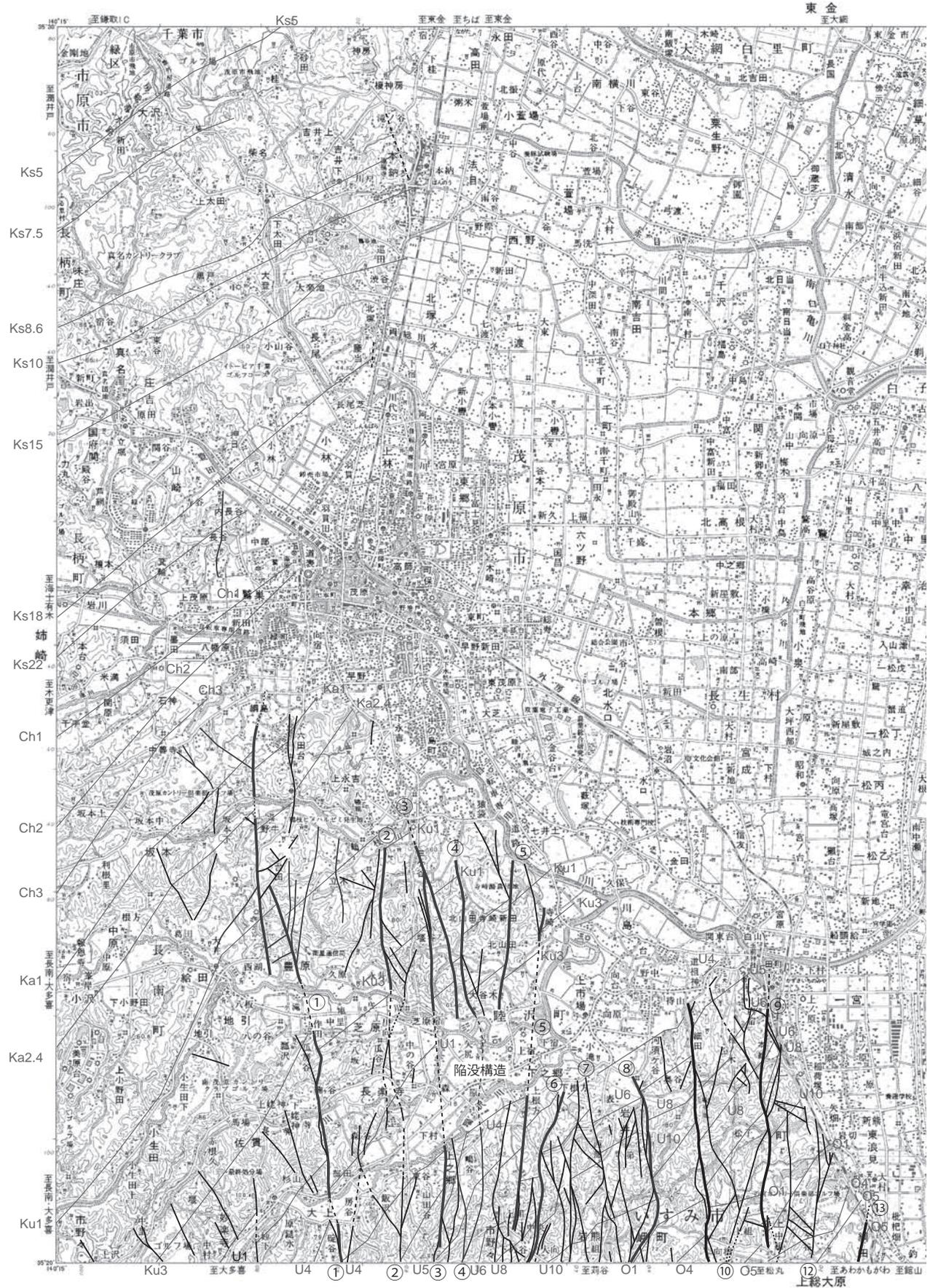
大田代層及び梅ヶ瀬層のテフラを基準としたテフラ走向線は、南北性の断層群の影響により、北東-南西方向の走向線が雁行状に分布することが読み取れる(第7.2図)。またこれらの断層の多くは東落ちの正断層であり、一部は横ずれ変位も伴っている。

国本層のテフラを基準としたテフラ走向線も同様に南北性断層群により走向・分布が変化し、特に上芝原-碓谷断層(石和田ほか, 1971)を境に走向が変化する。同断層の東側ではN50°E前後の走向であるが、西側ではN30°E前後となり、南北性の断層により雁行状の複雑な分布を示す。茂原市北山田寺崎新田周辺は、東落ちの芝原宿断層と西落ちの北山田断層(石和田ほか, 1971)に挟まれた陥没構造のため、国本層最上部のKu0.1, Ku0.2が確認される茂原市下永吉から傾斜方向に3 km程度離れているにもかかわらずKu1より上位の層準が広く露出する。

柿ノ木台層のテフラを基準とした走向線の一般走向は、茂原地域南西部では姉崎地域から連続してN40°E前後を示すが、長南町坂本付近から北東側ではN50°E前後となる。

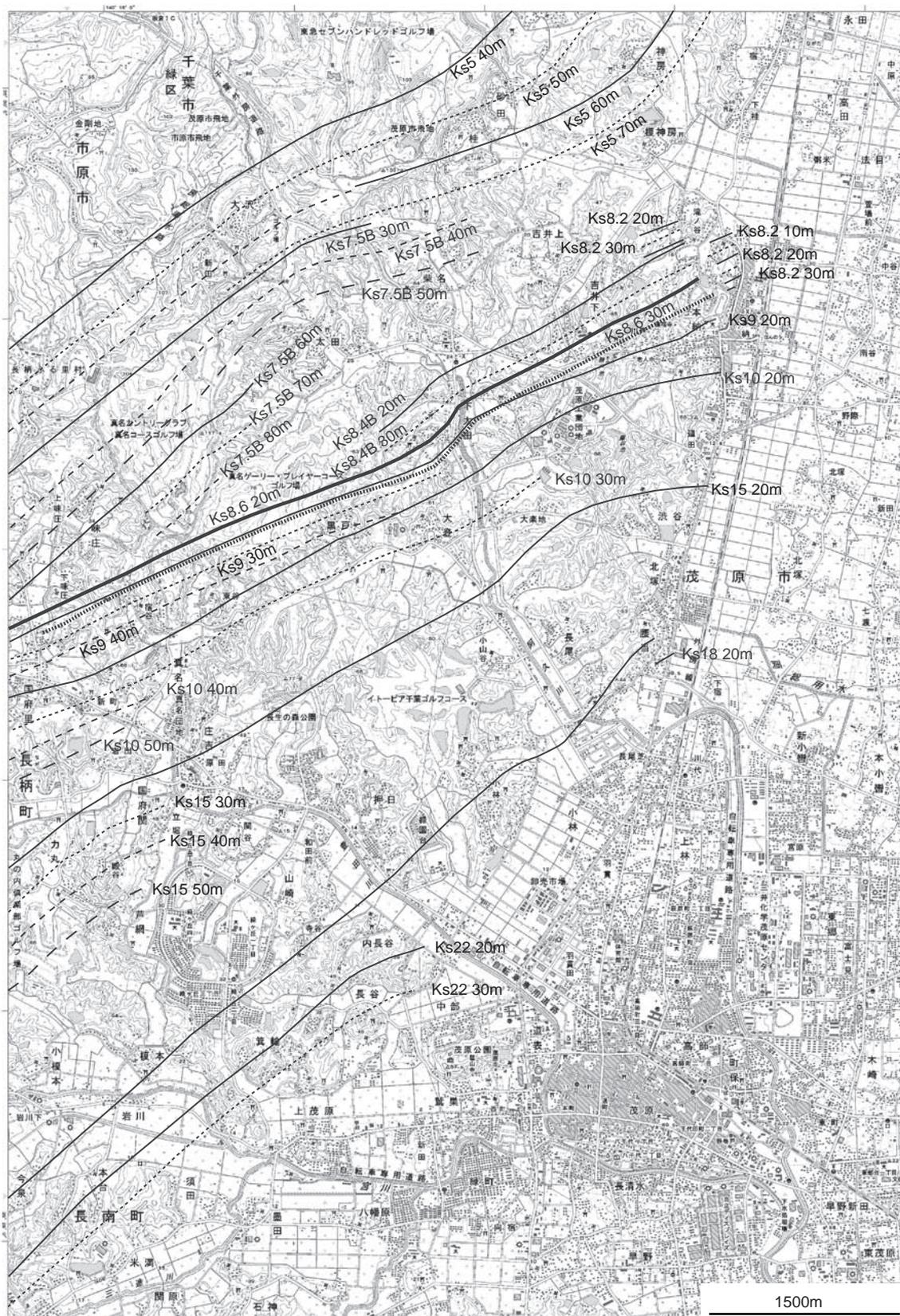
長南層のテフラを基準とした走向線は、姉崎地域から連続し、一宮川の南側ではN30°E前後を示す。一宮川北側の茂原公園ではCh2とCh1が分布するが、一宮川兩岸を結ぶこれらのテフラ走向線はN50°Eを示す。

笠森層はテフラ鍵層が多く、露出も良好なので、別途詳細な図面を作成した(第7.3図)。本層のテフラ走向線は、下部のKs22のN50°Eから中部のKs8.6のN65°Eまでは、徐々に東向きに変化する。これに対し、上部のKs7.5Bは長柄町味庄付近ではN50°Eを示し、茂原市上太田付近で北西に凸の構造を示し、上位のKs5もこれに調和した走向を示す。Ks5及びKs7.5Bの走向は北東側で再び北寄りとなり、大網白里市小中-大代ではN25°Eとなる。本納のKs8.2(基底標高25.5 m)は傾斜方向である北西方向に標高6 mまで追跡されるが、更に北西側の瀧ノ谷では再び標高25 mに認められる。下位のKs8.4~8.6の走向線もこの付近で不連続となること





←第 7. 2 図 茂原地域の上総層群のテフラ鍵層走向線図及び断層分布図 石和田ほか (1971) を基図として新たに作成した。



第 7. 3 図 茂原地域の上総層群笠森層のテフラ走向線図  
 国土地理院刊行の数値地図 50000 (地図画像)「茂原」を基図として使用した。

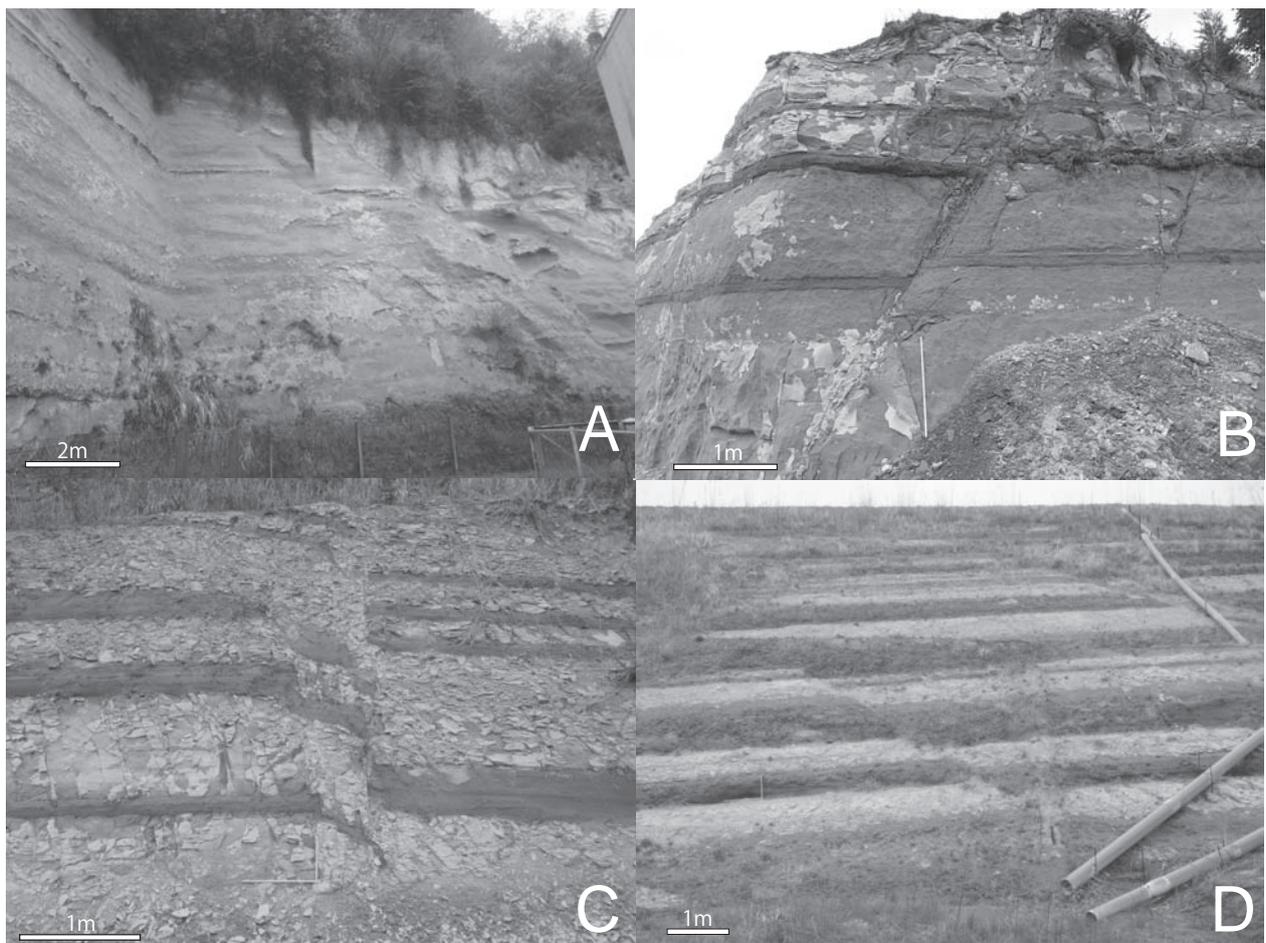
から、本納周辺の丘陵の東端部には東落ちの南北性断層が推定される。また、Ks18 から Ks8.4B までの走向線は、阿久川の東西で屈曲構造が認められ、阿久川に沿った西落ちの南北性断層が推定される。Ks18 の最東端露頭（第 10. 1 図；M102 地点）では、一般走向から推定される標高よりも低い位置に Ks18 が認められる。本露頭の西側に東落ちの南北性断層もしくは本露頭が丘陵からの分離丘であることを考慮すると海側への重力性の変位が推定される。

### 7. 3 上総層群に卓越する正断層群

茂原地域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、多数発達している（石和田ほか, 1971；第 7. 2 図, 第 7. 4 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る。断層の垂直変位量は数 m から 100 m に達するものまで様々であるが、変位が数 10 m を超える大きさのものは東落ちの正断層

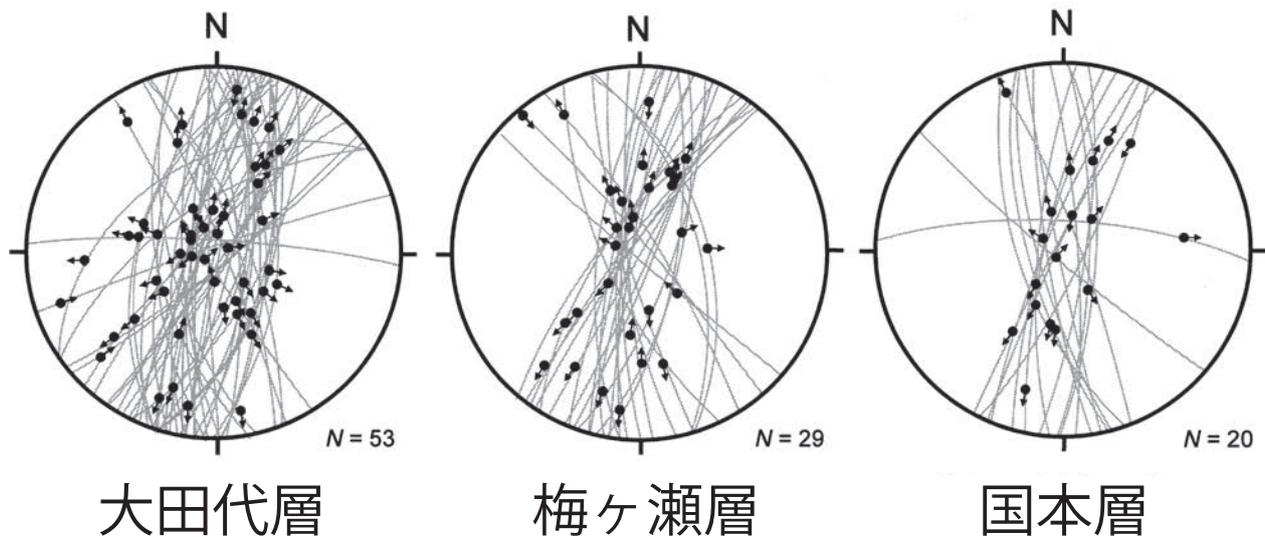
が多く、変位量が大きい断層ほど大きな横ずれ変位を伴う（第 7. 2 図；国末ほか, 2002）。巨視的に見ると、上総層群の地層は階段状に太平洋側に落ちていくように見える（垣見・小玉, 1975；Kakimi, 1980）。このような断層変位は、段丘地形に現れている最近の地殻変動と整合的であり、累積変位を示していると考えられる（小玉, 1974）。これら地表で観察される断層のうち、上芝原 – 碓谷断層、井元 – 越畑台断層、芝原宿断層、三ヶ谷 – 能実断層、向根 – 矢竹断層及び長谷 – 孕戸断層（石和田ほか, 1971）の 6 本の断層は、茂原低地の地下まで連続していることが坑井地質より明らかにされている。これらは、茂原から北方の大網に到る間で変位を減じて消滅している（国末ほか, 2002；第 8. 2 図）。

上総層群を対象とした小断層解析の研究としては、1960～70 年代に衣笠ほか（1969）や小断層解析グループ（1973）による共役断層法を用いた報告があった。衣笠ほか（1969）の研究によれば、上総層群の堆積時期には、(1) 東西伸張、(2) 南北圧縮、(3) 西北西 – 東南東伸張、の 3 つの応力時階があったと解釈した。近年、三



第 7. 4 図 上総層群に認められる正断層の産状

A：本納小学校裏東壁に認められる笠森層を切る正断層系（茂原市本納）、B：国本層の正断層（睦沢町長楽寺）、C：大田代層に認められる正断層とジョイント（いすみ市向根）、D：大田代層に認められる正断層（一宮町綱田）。



第7.5図 逆解析法による応力場解析結果  
 三野・山路 (1999) の Fig. 4 を転写した。© 日本地質学会。

野・山路 (1999) は、一宮地域の大田代層、梅ヶ瀬層及び国本層から小断層データを収集し、共役断層法の問題点をレビューした後に、逆解析法による応力場解析を行った。その結果、各層のデータとも、断層面が平行でもスリップ方向が大きく異なる断層を含むことから、3つの応力状態を認めることができたと解釈している。そのうちの1つは、一宮地域に隣接するより古い地層の研究から推定されている古応力場と解釈した。Yamaji (2000) は、同じデータセットを用いて、多重逆解析法による中規模断

層の3軸応力解析を行った (第7.5図)。その結果として2つの主要な応力の作用が認識され、一つが大田代層～梅ヶ瀬層の堆積時に、もう一方が1.0～0.5 Maに作用したと見なしている。またこの応力変化は、フィリピン海プレート沈み込みが陸側プレート内の応力に影響を与えたことを示唆すると解釈し、Nakamura *et al.* (1987) の推定した相模トラフの陸側斜面での地殻変動イベントと同時であったと結論付けている。

## 第8章 資源地質

(七山 太)

### 8.1 天然ガス・ヨード

千葉県にある南関東ガス田は可採埋蔵量が3,685億 $m^3$ にも達するわが国最大の水溶性天然ガス田であり、1978年以来ガス生産量は約4億 $m^3$ /年、かん水の量は5千万～1億 $m^3$ /年を推移している(第8.1図;千葉県環境生活部,2014),その中でも茂原地域は茂原ガス田(石和田・品田,1956)と呼ばれ,(1)埋蔵量が豊富で,(2)鉱床の深度が浅く,(3)ガス水比(産出水量に対するガス量の容積比)が高い等,天然ガス開発に有利な条件を備えているとされる(明石,1997;第8.2図).

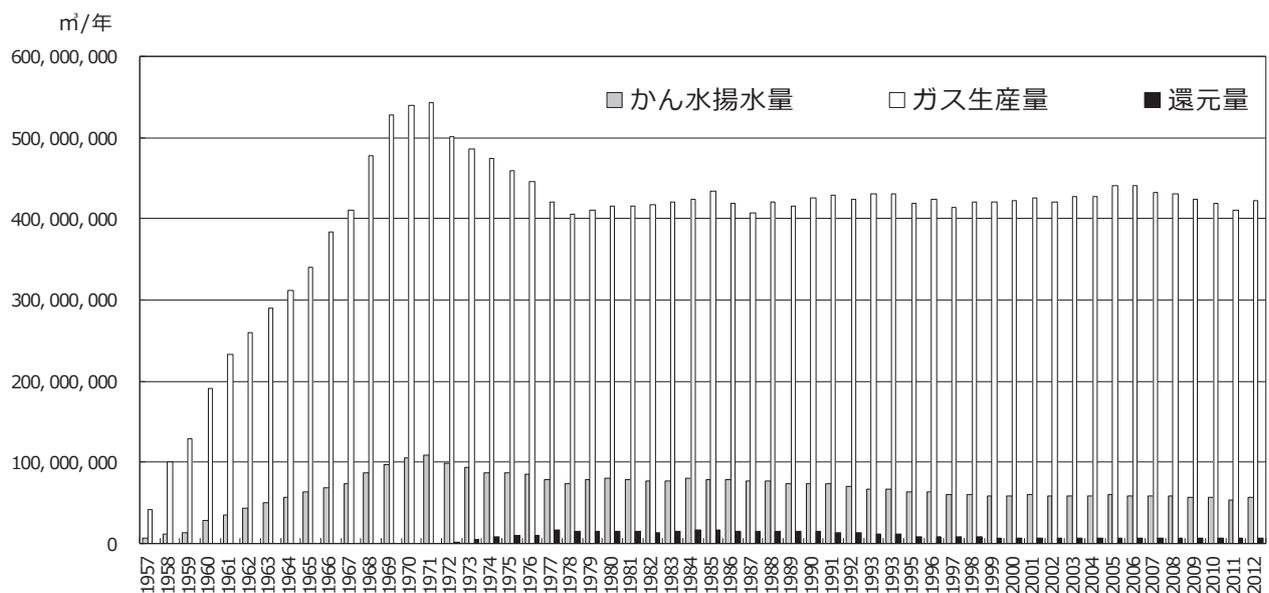
茂原地域には茂原ガス田が存在し,現在,関東天然瓦斯開発株式会社,株式会社合同資源,日宝化学株式会社,日本天然ガス株式会社,伊勢化学工業株式会社,三井化学株式会社,旭硝子株式会社によって稼行されている(第8.3図).坑井の深度は500～2,200m,天然ガスが産出するのは上総層群下部～中部の勝浦層,浪花層,大原層,黄和田層,大田代層,梅ヶ瀬層である(第8.4図及び第8.5図).南関東ガス田のガス産出挙動は,一般に「通常型鉱床」と産出ガス水比が通常型より有意に高い「茂原型鉱床」に区分されている(名取,1997).

茂原型鉱床において特に生産性が高いのは,タービダ

イト砂層と半遠洋性泥層の互層からなる大田代層と梅ヶ瀬層であり,より浅層部の泥岩層が帽岩となっている.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る(三田ほか,2003).

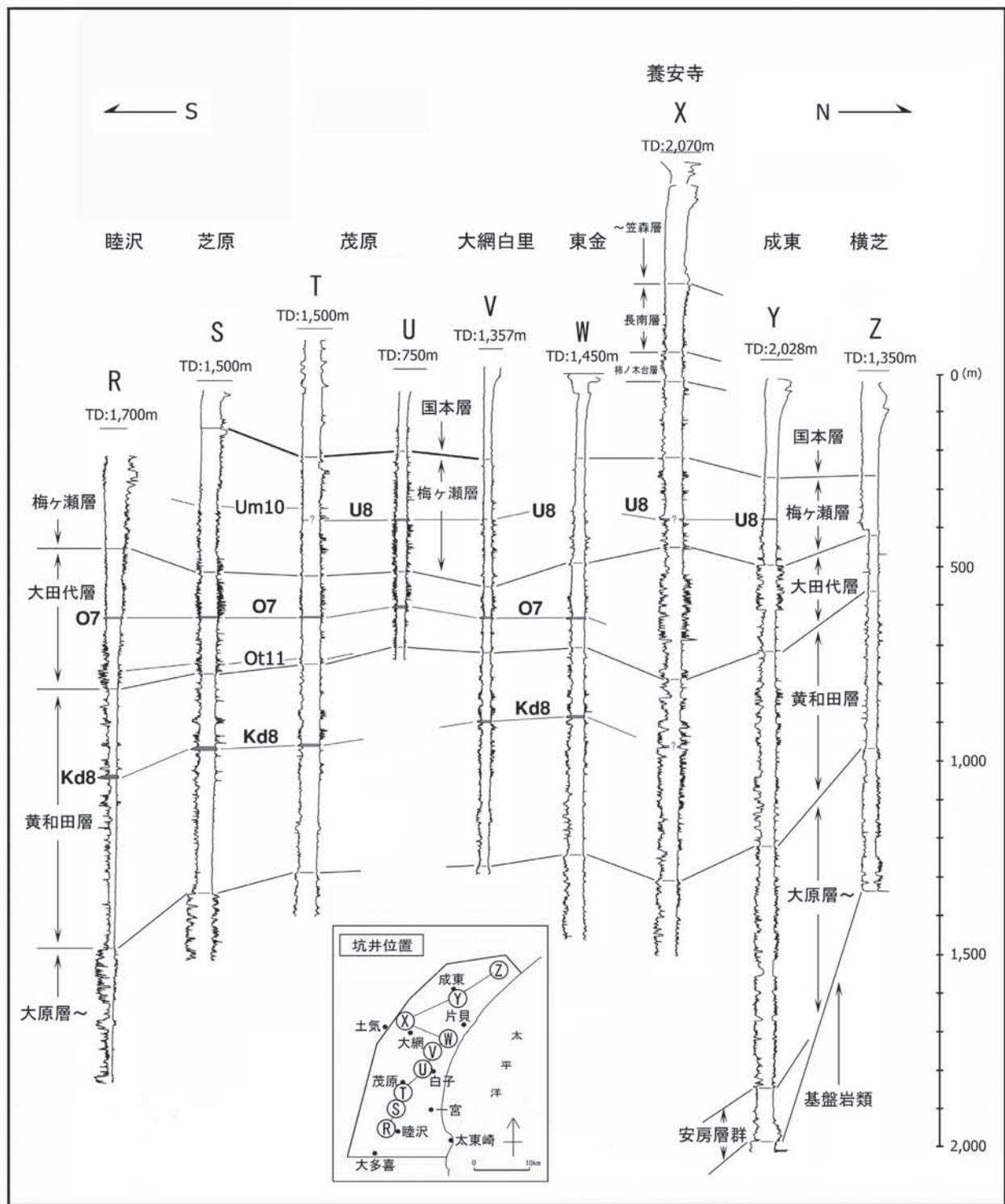
一方通常型鉱床の場合は,地層水にガスが溶けた状態で存在し,水溶性ガス層を形成している.この場合,泥層が根源岩と帽岩,タービダイト砂層が貯留岩の役割を果たし,更に,ガスの上昇には茂原低地の地下に潜伏する正断層系が寄与していたと考えられている(国末ほか,2002).この中でも三ヶ谷-能実断層(石和田ほか,1971)の北方延長部は垂直変位量が100m以上もあり,この断層の周辺でガス兆が多く認められる.特にその西側にはガス水比の高いガス田が列をなして分布していることから,断層がバリアーの役目を果たし,東方への拡散を防いだと考えられている(三田ほか,2003;第8.2図).

地層水は,塩分濃度が高いため「かん水」と呼ばれている.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・採取される.茂原地域は,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あ



第8.1図 千葉県全体の天然ガスかん水揚水量,還元量,天然ガス生産量の経年変化  
千葉県環境生活部(2014)に基づく。





第 8. 5 図 九十九里浜地域における検層対比図

国末ほか (2002) の図 3 を転写した。各孔の左側の線は自然電位、右側の線は比抵抗値を示す。© 石油技術協会。

る。一般には、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”であるが、茂原地域では、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す（田崎，1992；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、極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る（明石，1997）。

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る。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る。ヨウ素の世界生産量は年間21,600t（推定）であり、そのうち日本が35%を占めており、更に日本国内ではそのほとんどが千葉県で生産されている。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る。国末ほか（2002）は、ヨウ素の起源は海洋性の藻類であり、堆積物中に含まれる有機物がこれらを吸着し、更にタービダイトやスランプとして深海底にもたらされ埋没し濃集したと考えた。

1981年1月には、千葉県が実施したシミュレーション結果による新しい知見等を勘案し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る。

茂原地域の低地には、かん水から遊離した天然ガス（メタンガス）が地表まで上昇している。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る（第8.6図）。この地域の人々は地表に湧出するガスを「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る（第8.7図）。一方、水田にこの天然ガスが湧き出すところでは、稲の穂が成長しない現象や枯れてしまう現象が起これ、経済的な被害が出ており、土壌層が青灰色を呈していることも確認されている（楡井ほか，1976；第8.8図）。上ガスの発生するところに気密性のよい建造物がある場合、空気よりも軽いメタンガスが建物内に充満し、引火による爆発事故も報告されている。

2007年5月に長生村ひとつまつの一松海岸南方で、更に同年8月、大網白里市の海岸においても大潮の干潮時にできる潮溜まりが白濁する現象が相次いで確認された。白濁現象の起こった海浜には、ガスの湧出が最近あることが報告されている（吉田ほか，2012）。近年の九十九里浜は海岸侵食による海浜の面積の減少が問題となっている。白濁現象が見つかった大網白里市や一松海岸においても砂浜侵食による汀線の内陸側への移動、砂浜面積の減少が報告されている（星上ほか，2006）。



第8.6図 西門橋の河床に露出する梅ヶ瀬層からのガスの噴出  
撮影地：睦沢町大上。



第8.7図 自家用天然ガス採取井戸  
撮影地：睦沢町長楽寺。



第8.8図 いすみ市須賀谷の水田における上ガス噴出  
金子信行氏が撮影。

## 8.2 温泉

白子温泉は、千葉県長生郡白子町にある県内有数の温泉リゾートであり、九十九里浜の南端付近の海岸近くに温泉地が広がっている。天然ガスかん水を利用し、泉質はナトリウム-塩化物強塩泉、源泉温度29℃であり、ヨウ素を多く含むのが特徴である(温泉ナビ, 2015)。

ながら温泉は茂原地域西端部にある長柄町役場の敷地内の長柄町福祉センターという施設にあり、1998年以来、長南層層準からかん水を採水している。泉質は弱アルカリ性のナトリウム-炭酸水素塩冷塩泉、源泉温度18.3℃、pH8.4であり、黒色でヌルヌル感がある(長柄町福祉センター, 1998)。

## 8.3 地下水

茂原地域の地下水利用に関しては、安藤ほか(1966)の報告がある。

九十九里浜平野の浜堤列においては、透水性・水質が良好であり、このため古くから集落が分布する。この地域の場合、水質の関係上、丸井戸で用いられることが多い。掘抜井戸の場合、最大でも深度5m程度であり、これ以深の場合、溶解鉄が多く飲用には不適となり、除鉄等の水処理が必要となる。

丘陵部において、茂原地域北西部に分布する金剛地層は淘汰の良い砂層からなり、古くから工業用水・上水道水源として利用されてきた。また、長南層、国本層、梅ヶ瀬層最上部の厚い砂層が良好な帯水層となっている。長南層層準から採取された地下水は、最下部の厚砂層を除き、pH8.4程度のアルカリ性を示す着色水の場合が多い。一方、国本層の厚砂層の地下水の場合は透明水が得られ、

弘法の霊泉と呼ばれる熊野の清水(長南町佐坪)のように、一部自噴井もみられる。

なお、国本層以下の上総層群のタービダイト砂層には、“青砂”と呼ばれる青色の砂層が観察されることがあるが、この層準の地下水はCl<sup>-</sup>の含有量が100~1,000ppmであり、堆積時の海の塩分を保持する化石塩水の性質を持つとされる。

## 8.4 山砂

茂原地域北部では笠森層の国府里砂部層、金剛地層及び木下層の砂層から、茂原地域南部では国本層や長南層の厚層砂層から採取されている(第8.9図)。茂原地域内で採取されている山砂の大部分は、コンクリート材や埋め立ての用途に用いられている(独立行政法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門, 2007)。

## 8.5 砂鉄

千葉県は九十九里海岸を中心に砂鉄の埋蔵量が多いことから、明治後期以降に砂鉄鉱山・鉱区が設定され、昭和40年代まで断続的に採取された。茂原地域南東部にあった東浪見鉱山は、昭和14年に千葉県が県営東浪見鉱山鉱業所として開山し、乾式磁選機を使い浅部の砂鉄を採取したが、昭和20年に休山した。昭和22年に東浪見村に払い下げられ、その後も、昭和25年に帝国製鉄株式会社へ、昭和28年にアジア商事(株)へ、昭和29年に東浪見砂鉄企業協同組合へ、昭和30年に小松製作所へ、昭和31年に塚本総業(株)へと鉱業権の転売が繰り返されたが、稼行時には、月平均5,000トンの砂鉄採取を手がけていたと報告されている(一宮町史編さん委員会, 1964)。



第8.9図 茂原地域にある大規模採砂場

(A) 国府里砂部層(茂原市吉井下)及び(B) 国本層(睦沢町中里)の採砂場。

## 第9章 応用地質

(七山 太)

### 9.1 地下水汲み上げによる地盤沈下災害

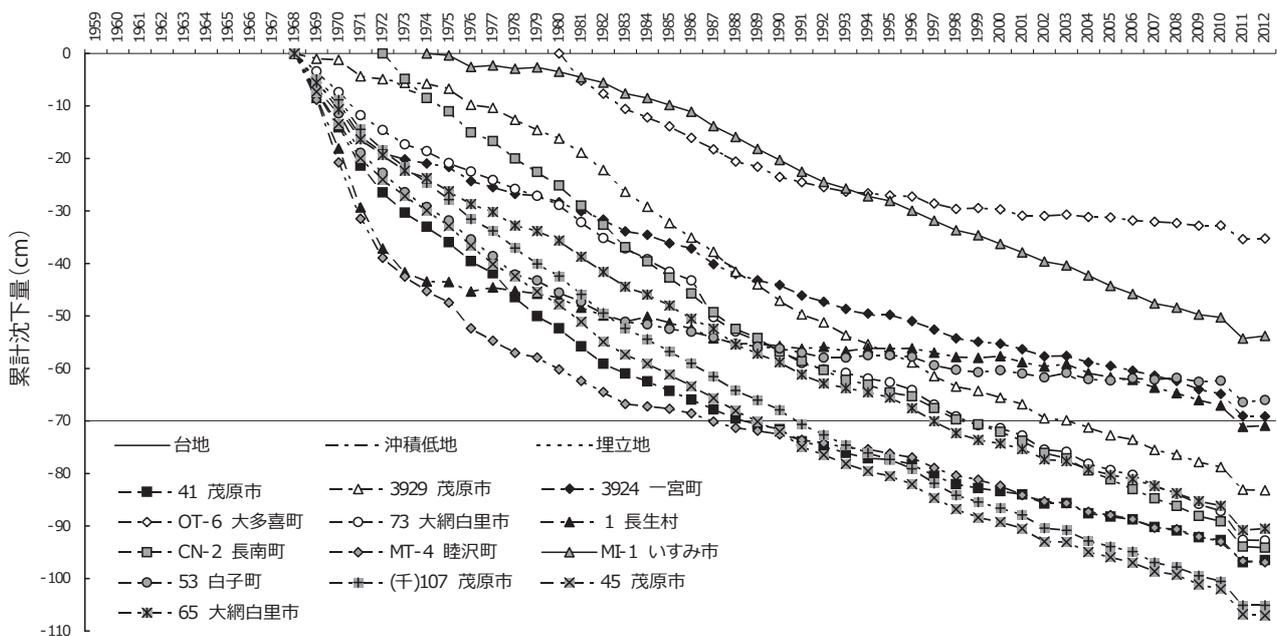
茂原市や九十九里沿岸地域においては、地盤沈下が大きな問題となっており、1962～1980年には10 cm/年前後の著しい沈降現象が一部の地域で認められた(第9.1図)。原因としては、沖積層の軟弱地盤の自然圧密による自然的要因で生じるもの以上に、天然ガスかん水の汲み上げ、表層の地下水の汲み上げ等の人為的な要因によるものが大きいとされる。そのため千葉県では1973年に天然ガス採取企業と「地盤沈下防止協定」を締結し、地盤沈下防止対策がとられた。しかし現在に至っても広範囲に沈下傾向が認められている(千葉県環境生活部, 2014)。この地域の天然ガスかん水揚水量は、昭和43年の20万6千 $m^3$ /日をピークとしてその後は減少傾向にあり、2013年度は12万5千 $m^3$ /日にまで減少している。

1970年度の測量では、睦沢町で年間沈下量が11.9 cm、1971年度は長生村で同11.2 cmを記録した。その後も沈下傾向は鈍化しつつも依然として続いている。1987年度においては、1987年12月17日千葉県東方沖

地震の影響と思われる局所的な地盤沈下が認められ、白子町の一部の地域においては最大9.3 cm、更に2011年度においては、2011年東北地方太平洋沖地震の影響により、14.03 cmの地盤沈下を記録している(千葉県環境生活部, 2014)。

一方、千葉県環境生活部(2014)が報告している累計地盤沈下量でみると、長生村(CN-2水準点)において94.1 cm(過去40年間)、睦沢町(MT-4水準点)で96.9 cm(44年間)、大網白里市(O-7水準点)で94.1 cm(44年間)、茂原市((千)107水準点)で105.1 cm(44年間)が記録されている。最大値として、茂原市南吉田(水準点No. 45)において、107.1 cmが記録されている(1969年から44年間の累計沈下量; 千葉県環境生活部, 2014)。なお、2010～2011年の1年間では沈下面積は982.0  $km^2$ であり、茂原地域全地域で沈下傾向が認められた。2012～2013年では沈下面積は287.8  $km^2$ まで減少し、2 cm以上の地盤沈下は認められなかった。

千葉県の銚子港や勝浦港の検潮記録から-0.25 cm/年の地盤沈下速度が見積もられている。その間にある九十九里浜平野も同じような沈下傾向を持つと考えて良



第9.1図 茂原地域内の1968年以降の経年累積沈降量  
千葉県環境生活部(2014)を改編して使用した。

いであろう。このデータを参照した場合、年間数 cm の沈降量は有意な値と考えられる。

この地域において、地盤沈下に対処するため、1970年6月から一部地域について平均30%の天然ガスかん水採取の自主規制が行われてきた。それでも沈下量は増大する傾向を示したため、千葉県では全てのガス井戸について現地調査を行う天然ガス井戸総点検を実施した。総点検を受けて「地盤沈下防止協定」によって沈下の防止を図ることとし、天然ガス企業10社と交渉を行い、1973年8月に調印がなされた。本協定に伴って九十九里地域の天然ガス井戸は、1973年度から1975年度までに342本が削減された。

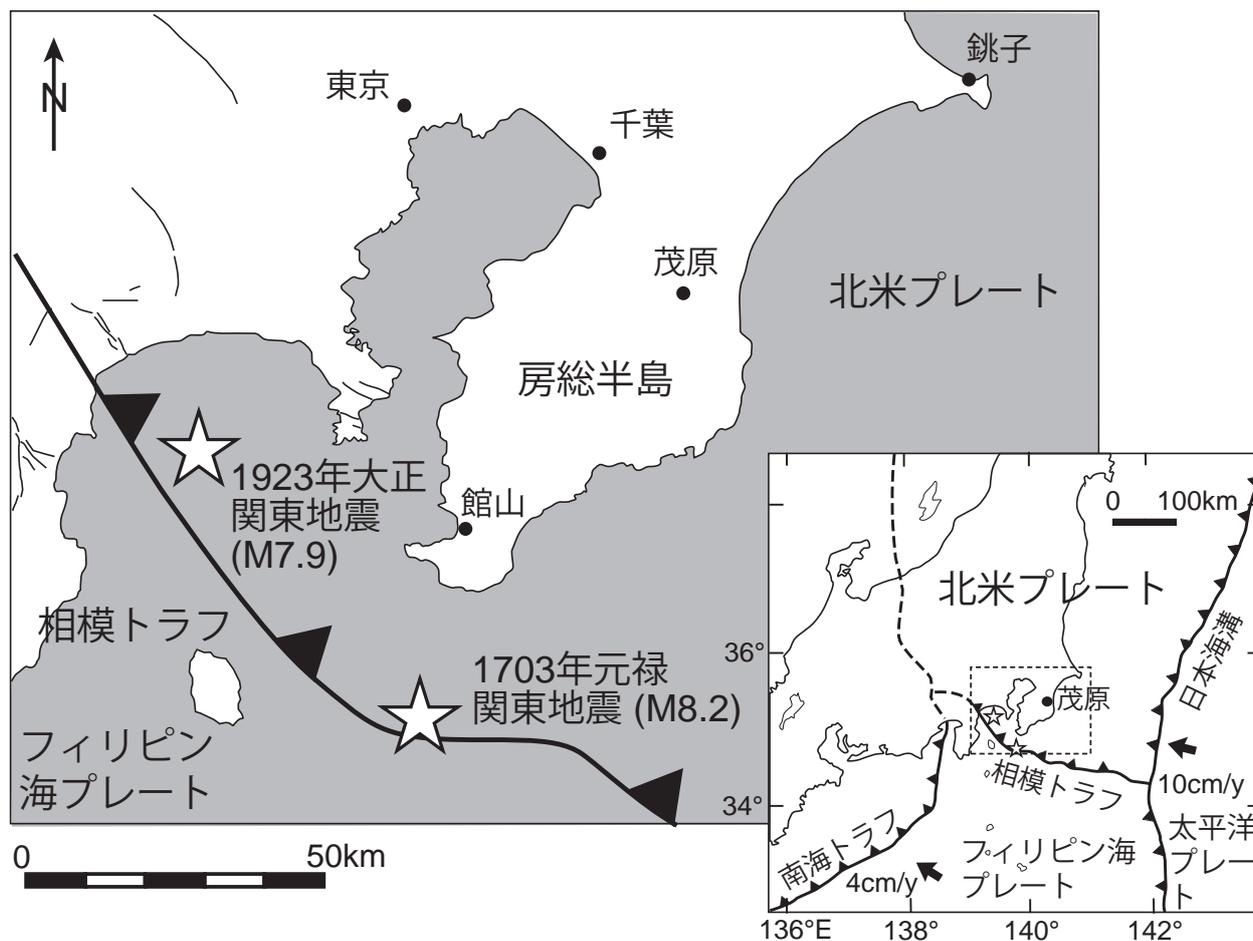
その後、協定の見直しを行い、昭和51年末までに削減される予定であった133本については、沈下が著しく減少した地区もあることから、海岸付近や沈下が2~3cm/年以上である地域のものを除き、存続させることとした。更に1981年1月には、県が実施したシミュレーション結果による新しい知見等を勘案し地盤沈下防止協定の改定を行い、天然ガスかん水の地上揚水量を一定の範囲内に抑制することにより地盤沈下を生じさせない汲み上

げを行うこととした。2011年においては、採取量約13万5千m<sup>3</sup>/日のうち約1万m<sup>3</sup>/日が地下還元されている。

## 9.2 地震・津波災害

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る（宇佐美, 2003）。特に、房総半島東方沖は北米プレートと太平洋プレートの境界域である日本海溝の南端部にあたる。この地域では日本海溝付近を震源とする海溝型地震、北米プレート内部における大陸プレート内地震、太平洋プレート内部における海洋プレート内地震が発生する可能性がある（地震調査研究推進本部, 2011；第9.2図）。更に、房総半島南部の相模トラフにおいて北米プレートに対してフィリピン海プレートが沈み込んでいるため、フィリピン海プレート内部におけるスラブ内地震が発生する可能性も指摘されている（地震調査研究推進本部, 2011）。

(1) 1677年11月4日延宝房総沖地震



第9.2図 相模トラフ沿いにある2つの歴史地震の震源位置と関東周辺のテクトニックセッティング

茂原地域の最も古い歴史地震津波記録として、延宝5年10月9日(1677年11月4日)の延宝房総沖地震(M8.0)は、顕著な揺れを伴わなかったものの、千葉県沿岸から福島県沿岸にかけて大規模な津波被害が発生した(都司, 1994)。この津波は、房総半島東方沖の日本海溝沿いで発生した“津波地震”であったとの指摘がある(石橋, 1986; 阿部, 1999)。

一宮町東浪見では、潰家52軒となっている(東京大学地震研究所編, 1982)が、建物被害率は20%以下になり、浸水深は1.0~1.5mと推定され、集落の標高を考慮すると浸水高は6.0~7.5mと推定される(竹内ほか, 2007)。東浪見地区においては約150人の死者を出し、田畑や地曳網の船などに大きな被害をもたらした。犠牲者の供養のため、17年後の1694年(元禄7年)に土地の人たちによって、高さ1.2mの石で作った波切地蔵が奉納されたとされる。

最近、柳澤ほか(2014)は、延宝房総沖地震で発生した津波の高さが、銚子市の沿岸の一部で標高約17mに達していたとの結果を報告し、その地震の規模をM8.34と算出し直している。

## (2) 1703年12月31日元禄関東地震

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たと推定されている。千葉県内は震度6~7の激しい揺れに襲われ、その際、死者6,534人、9,610棟の家屋が全壊したと言われている(羽鳥, 1976; 宇佐美, 1975; 都司, 2003)。

この地震による千葉県内の津波被害の様子は古文書のほか、各地の津波犠牲者を供養するための塔や墓碑、位牌などから推定することができる。これらの史料によると、津波は銚子市から九十九里沿岸、南房総市、館山市、鋸南町などの千葉県南~東部沿岸を広く襲ったことがわかっている。九十九里浜低地では、推定波高5mの津波によって大きな被害が発生した(佐竹ほか, 2008; 第9.3図)。中でも、現在の白子町では1,000人を超える死者が出た。同町の南白亀川周辺には低地が広がっており、津波の被害が大きくなったらしい。『池上誠家文書』「一代記 付り津波の事」(新収日本地震史料第2巻別巻)には“上総九十九里ノ浜二打カクル海ギワヨリ岡江一里計打カケ潮流ユク事ハ一里半ハカリ数千軒ノ家壊流 数万人ノ僧俗男女馬鶏犬マテ尽ク流溺死ス”と書かれており、津波が当時の海岸線から1~1.5里も浸水したことがわかる(古川, 1984)。また、南隣の長生村でも900人以上が犠牲となっている(古山, 1996)。ただし、元禄地震時代の海岸線の位置は、千葉県道30号線(飯岡一宮線)にあったと推定されており(古川, 1984; 第9.3図)、これを考慮しても1.5km以上の遡上があったのであろう(佐竹ほか, 2008; 行谷ほか, 2011)。現在の白子



第9.3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  
行谷ほか(2011)の第4図を参照し、新たに編図した

町では1,000人、長生村では900人を超える犠牲者があったといわれている。特に、この時代はイワシの豊漁期のため、漁民の多くが海岸近くに納屋集落を作っていたことと、津波が南白亀川等の河川を遡り、内陸にまで押し寄せたことが被害を増大させたことと類推される。

なお、古山（1996）によれば、茂原地域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る（第9.3図）。

【大網白里市】元禄津浪の碑（北今泉 等覚寺）

【白子町】精霊供養塔（牛込<sup>うしごめ</sup> 共同墓地）、真光寺供養碑（剃金<sup>そりがね</sup> 真光寺）、津波代様（古所<sup>ふるところ</sup>）、無縁塚津波精霊様（幸治<sup>こうじ</sup>）、妙法寺津波供養地藏尊（幸治 妙法寺）、本従寺供養碑（北高根 本従寺）

【茂原市】鷲山寺元禄津波供養塔（茂原 鷲山寺）

【長生村】本興寺津波供養塔・大位牌（一松丙<sup>ひとまつへい</sup> 本興寺）、蓮花院供養碑（一松丙 蓮花院）、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】浪切地藏（東浪見）

### （3）1923年（大正12年）9月1日大正関東地震

1923年（大正12年）9月1日大正関東地震（関東大震災：M7.9）によって、首都圏は大きな地震被害を被った。この地震の震源域については未だ不明ながら、相模トラフより北側で発生した海溝型地震と考えられている（第9.2図）。この地震により東京一面が火の海になり、10万余人の人が亡くなったとされるが、津波の被害は全く知られていない。千葉県内の被害としては、死者・行方不明者1,346人、そのうち1,255人は家屋の全潰が原因となったとされる。茂原地域においても震度6の激しい揺れが約10分間続いたことが記録されている（宇佐美ほか、2013）。

### （4）1960年5月23日チリ地震津波

1960年（昭和35年）5月23日、南米チリ南部沖でMw9.5という観測史上最大の超巨大地震が発生した。これによって生じた大津波は太平洋を横断し、22時間半後の午前3時ごろに日本列島の太平洋沿岸に到達し、各地に甚大な被害をもたらした。九十九里浜にも、波高2～3mの津波が襲来し、死者1名などの被害が生じた。白子町剃金の南白亀川河口付近には、“チリ津波の碑”があり（第9.4図）、当時の津波による被害状況、救急対策、消防団の警防活動などが、後世のために石碑に記録されている。

### （5）1987年12月17日千葉県東方沖地震

1987年（昭和62年）12月17日、九十九里沖を震源とする千葉県東方沖地震（M6.7）が発生し、千葉県は1923年関東地震以来の大規模な被害を受けた。この地震は九十九里海岸直下深度50kmの沈み込んだフィリピン海プレートの内部の断層運動によって生じたスラブ内地震とされる。この地震により、千葉県の広範囲で震度5の強震（現在の震度階級での震度6弱以上）を記録し、千葉県総務部消防防災課の報告によれば、死者2名、重



第9.4図 白子自然公園にある“チリ津波の碑”

傷26名、軽症118名、建物全壊16棟、半壊102棟、一部破損63,692棟、火災3棟の被害があった。大規模な液状化災害（Nirei *et al.*, 1990；風岡ほか、2005, 2009）や斜面災害（釜井, 1989；千葉県東方沖地震斜面崩壊調査グループ, 1990）が、九十九里浜沿岸地域を中心に千葉県内各地で広く発生したことが知られている。

### （6）2011年3月11日東北地方太平洋沖地震

2011年（平成23年）3月11日東北地方太平洋沖地震（M9.0）では、千葉県内で死者21名、行方不明者2名、負傷者258名、住家全壊801棟などの被害が生じた。九十九里浜低地においても、北東部の旭市を中心に津波被害があったことが知られている（宇佐美ほか、2013）。

## 9.3 洪水災害

茂原地域を流れる河川のうち、歴史的に見て洪水災害が起こっていたのは、九十九里浜低地を東西に横切り太平洋側に流れる南白亀川と一宮川である。

南白亀川は、大網白里市餅ノ木<sup>もちのき</sup>地先の下総台地に源があり、支流と合流しながら、白子町川岸地先で九十九里浜に至り太平洋に注ぐ。流路総延長は21.7km、流域面積は116.5km<sup>2</sup>であり、千葉県の管理する二級河川である。流域には、千葉市、東金市、茂原市、大網白里市、

白子町、長生村の6市町村があり、流域の約70%は農地である。近年宅地や農地の浸水被害が顕著となっており、特に、1989年8月の洪水においては273戸、1996年9月の洪水では58戸、2004年10月の洪水では34戸の家屋浸水被害を生じている。大網白里市など南白亀川流域の市町村では、洪水ハザードマップが作成され公表されている（大網白里市、2013）。

一宮川は千葉県の九十九里浜平野南部を流れる延長30.3km、流域面積203km<sup>2</sup>の千葉県の管理する二級河川である。その源は千葉県長生郡長南町深沢の山間部の房総丘陵に源を発し、流域は夷隅郡大多喜町、長生郡長柄町、長南町、茂原市、長生村、睦沢町、一宮町の1市6町村にまたがり、一宮海岸から太平洋に注いでいる。しかし、その北側4kmには“ワンド”と呼ばれる河川跡が、一部城之内地域では干拓されつつも、未だ汽水環境が保全されている（長生村史編さん委員会、1960；第9.5図）。

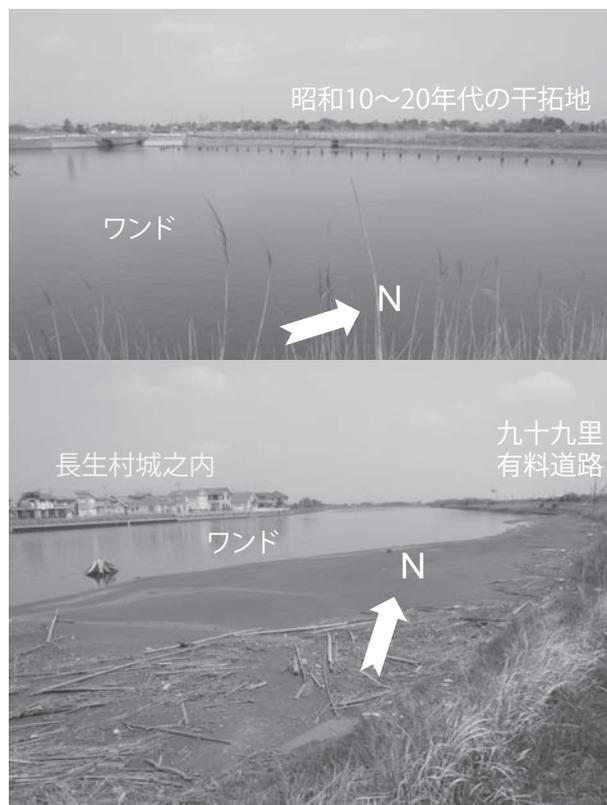
一宮川流域は河床勾配が1/3,000程度と非常に緩やかなため、おおむね50年周期で大規模洪水が発生することが知られている。1996年9月22日には、台風17号による洪水災害が発生した。最近でも2013年10月16日に台風26号の降雨により、茂原市街地や流域の水田が広域に冠水した。この為、一宮川流域の市町村では、

洪水ハザードマップが作成され公表されている。特に一宮町宮原地区は、歴史的に洪水被害の常襲地帯として知られる（一宮町史編さん委員会、1964）。

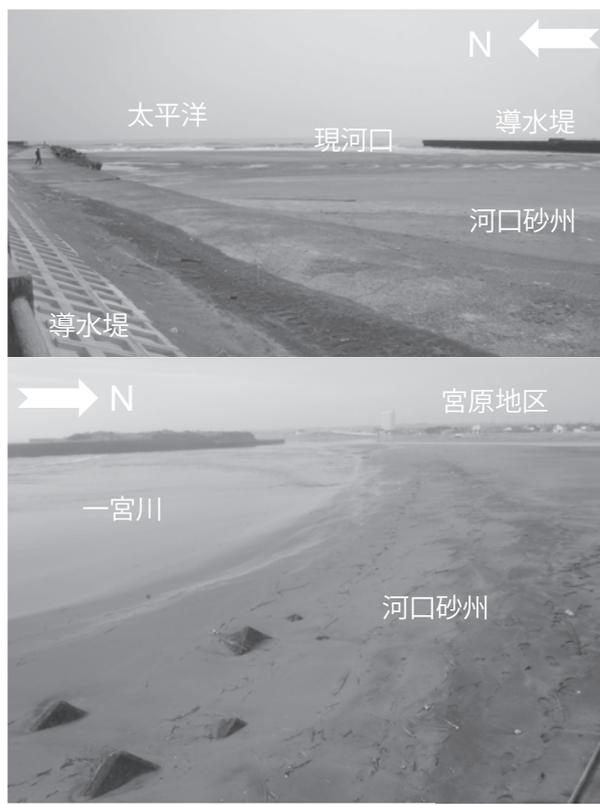
現在の一宮川河口は、1974年に構築された導水堤によって一宮海岸側に固定されている（第9.6図）。しかし、河口が3～4km北方の驚おどろきから入山津付近まで北上していた。更に、大規模な洪水が発生するたびに一宮側に河口が戻ってきたという記述や伝承が地元にある（長生村史編さん委員会、1960）。

今回、1947～2000年に撮影された空中写真、国土地理院の旧版地形図(1/50,000)「茂原」、更に明治19年(1886年)に作られたこの地の最古の実測図である「迅速測図」を時系列的に検討した。更に江戸時代享保20年(1735年)の古地図を参照した。これらの資料や史料に基づき、一宮川河口偏倚の地形変化を時系列的に調査した。更に、一宮町史及び長生村史から歴史的な大規模洪水災害を抽出した。

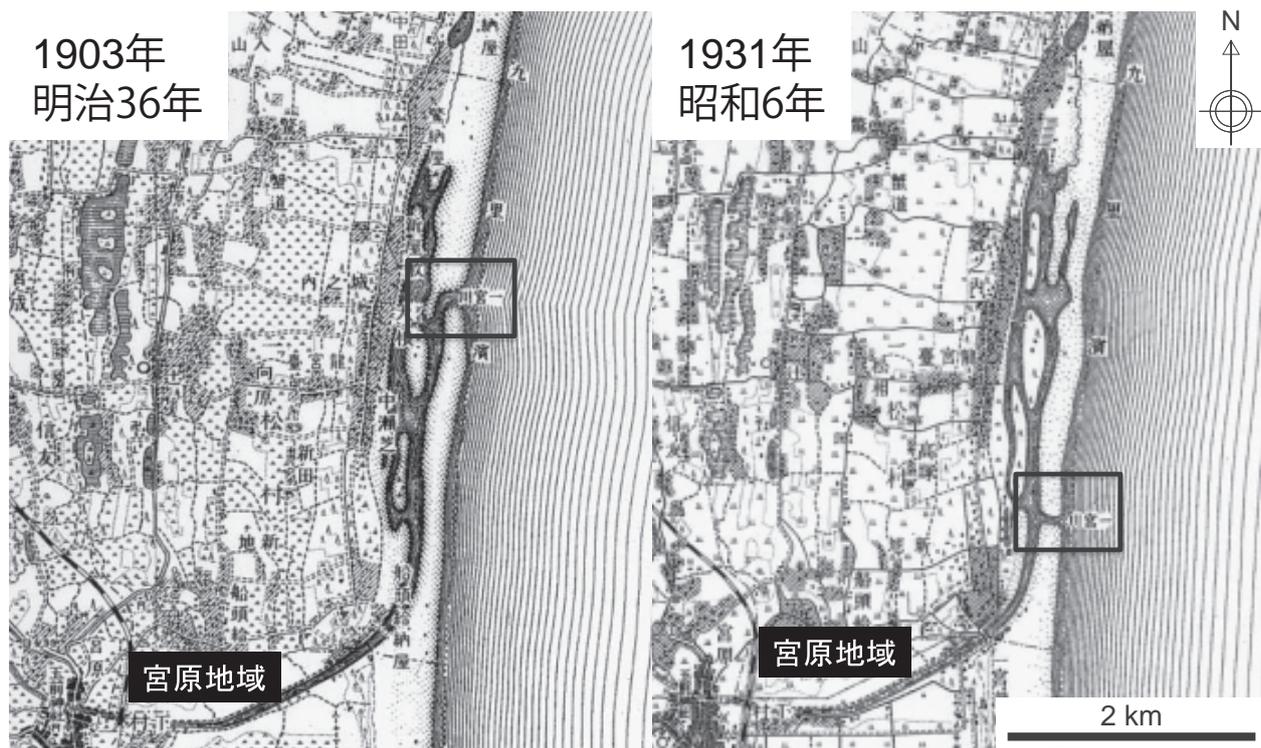
その結果、昭和6年旧版地形図ではほぼ現在の位置に一宮川河口が描かれているが、明治36年初版地形図では、河口の位置は今より北1.5kmの位置に記載されていることが明確となった。ゆえに、明治36年から昭和6年の間に、一宮川河口が現河口位置に急激に南遷したと理解される（第9.7図）。この間の洪水被害を調べて



第9.5図 一宮川河口付近の堆砂現象  
撮影地：一宮町一宮。



第9.6図 一宮川河口付近で見られるワンドと旧河川跡  
撮影地：一宮町一宮。



第9.7図 1903年と1931年の間に起こった一宮川の河口偏倚  
 国土地理院刊行の1/50,000旧版地形図「茂原」を基図として使用した。

みたところ、1916年（大正5年）7月26～30日に台風に伴う300mm以上の集中豪雨が千葉県内で起こり、7月30日に一宮川の氾濫によって宮原地区が大規模に被災したことが報告されている（一宮町史編さん委員会、1964）。

一方、九十九里浜南部では、夷隅川河口や太東崎から北上する沿岸流によって漂砂系が維持され（宇多ほか、2000）、九十九里浜平野を流れる河川は主要な土砂供給源ではないとの指摘がある（堀川・砂村、1971）。すなわち定常的にはこの北向きの強い沿岸流と季節風によって一宮川河口は偏倚されつつ砂丘が構築されたため、徐々に北上していったことが予測される。この際、その沿岸掃流力と河川掃流力がほぼ等しくなるのが、驚から入山津の沖合であったのであろう。そして大規模洪水の際には、一宮海岸側の浜堤が河川掃流力によって切れて新たな河口ができることが周期的に繰り返されてきた可能性がある。

#### 9.4 九十九里浜の海岸侵食

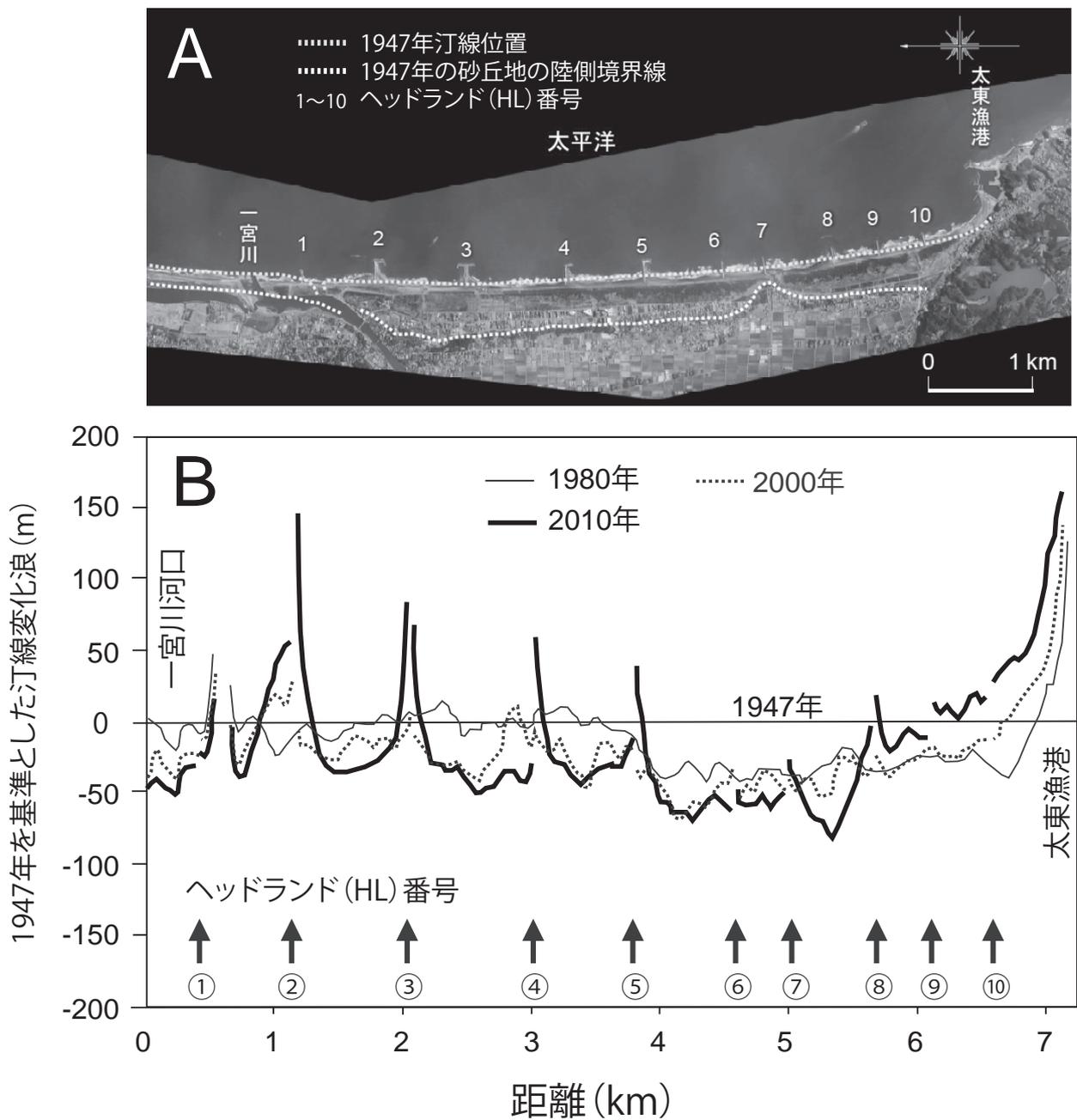
九十九里浜は、房総半島東部において太平洋と接し、北東端の屏風ヶ浦から南西端の太東崎まで伸びる長さ約60kmの砂浜海岸であり、上総層群で構成された屏風ヶ浦と太東崎の海食崖からの崩落土砂及び太東崎の南側に

流入する夷隅川からの流出土砂が沿岸流によって漂砂として運ばれた砂が堆積からなる海岸であるとされる（堀川・砂村、1971；宇多ほか、2000、2009）。海浜は細砂から構成されているため緩勾配の遠浅の海浜が形成されている。

九十九里浜海岸では、1970年代以降進められた海食崖の侵食防止工事、九十九里浜の北端・南端に造られた飯岡・太東漁港による沿岸漂砂の阻止などにより供給土



第9.8図 長生村一松海岸における海岸侵食の状況



第9.9図 1947年と2010年の一宮海岸の汀線位置の変化

(A) 2010年に撮影された空中写真上に投影された1947年の汀線位置とヘッドランドの位置番号(1~10)を記す。(B) 1947年を基準とした一宮海岸の汀線変化を記す。宇多ほか(2011)の図1及び図3を参照し、新たに製図した。

砂量が激減した結果、近年では弧状海岸線の両端部から中央部へと侵食が進んできている(宇多ほか, 2009)。一宮海岸は海岸侵食のため景観を損なっており(第9.8図)。このため1988年より10基のヘッドランドの建設が進められてきた。ヘッドランドは、太東崎方面からの沿岸漂砂の供給量が激減した中で、減少した沿岸漂砂に見合うようヘッドランドによって波の入射方向と海岸線

とのなす角度を減じようとする目的のもとで1980年代に計画され、1988年以降段階的に建設工事が進められてきた。しかし同じ期間に太東崎の付け根には太東漁港の防波堤が伸ばされたことから、それによる波の遮蔽効果が無視できなくなり、逆に海岸侵食が酷くなっていることが指摘されている(宇多ほか, 2011; 第9.9図)。

## 第 10 章 上総層群上～中部層準のテフラカタログ

(中里裕臣・七山 太)

本章では、茂原地域の地質調査に際して茂原地域及びその周辺地域で確認したテフラについて、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た。

### 10.1 野外調査と試料採取

本文に示されたとおり、茂原地域には下総層群地蔵堂層下部から上総層群大田代層上部までが整合で分布する。茂原地域北西端のすぐ西側では地蔵堂層基底の示標テフラ J1 が、茂原地域南東端のすぐ南側では大田代層上部の示標テフラ O7 が確認された。そこで、河井ほか(1950)、河井(1952)、石和田ほか(1971)、町田ほか(1980)、千葉県教育委員会(1988)、千葉県立中央博物館(1991)、徳橋・遠藤(1984)、杉原ほか(1991)、里口(1995)などの記載を基にして、下総層群地蔵堂層の J1 から上総層群大田代層の O7 までの既記載テフラを、茂原地域を中心に網羅的に調査した。その結果、J1 から O7 までの層準で新称を含め 126 層のテフラを確認した(第 10.1 表)。このうち 115 層を国土地理院地形図 1/25,000「茂原」及び「上総一宮」の範囲内の 75 地点(M01～M75)で確認し、位置図に図示した(第 10.1 図、第 10.2 図)。これ以外の観察地点は緯度経度を別途表に示した(第 10.2 表)。

野外では、おおむ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(Va)、ガラス質結晶質テフラ(Vca)、結晶質ガラス質テフラ(Cva)、結晶質テフラ(Ca)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(Pm)とスコリア(Sc)に分けて柱状図に記載した。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た(第 10.3 図)。

### 10.2 分析方法

採取した試料は、おおむね中粒砂サイズ以下の試料はそのまま、粗粒砂サイズ以上の試料は必要に応じて乳鉢で粉碎後、椀かけ及び超音波洗浄により粘土分を除去し、50℃にて炉乾燥した。その後、0.125～0.25 mm の篩別試料について実体顕微鏡によるマフィック鉱物の相対的組成観察、火山ガラス・斜方輝石・角閃石の屈折率測定、EPMA による火山ガラス及び角閃石の主成分化学組成分析を行った。屈折率測定には、株式会社古澤地質製温度変化型屈折率測定装置 MAIOT を使用し、1 試料あたり 30 点以上を測定し、屈折率のレンジとモードを示した(第 10.1 表)。EPMA 分析は株式会社古澤地質に依頼して行った。分析方法はエネルギー分散型で以下の 3 種類があり、分析値一覧表に示した(第 10.3 表～第 10.8 表)。

A : HITACHI S2150 + HORIBA EMAX5770

加速電圧 : 15 kV, 試料電流 : 3.0 nA, ライブタイム : 200 sec

2 μm の範囲を約 150 nm のビーム径で走査。

B : HITACHI S3000H+HORIBA EMAX ENERGY EX-250

加速電圧 : 15 kV, 試料電流 : 0.3 nA, ライブタイム : 150 sec

4 μm 四方の範囲を約 150 nm のビーム径で走査。

C : HITACHI SU1510+HORIBA EMAX EvolutionEX-270

加速電圧 : 15 kV, 試料電流 : 0.3 nA, ライブタイム : 50 sec

4 μm 四方の範囲を約 150 nm のビーム径で走査。

第 10. 1 表 上総層群のテフラの組成に関する記載総括表

泉層名	名称	タイプ	定義	Loc.	試料番号	マフィック鉱物組成	ガラス屈折率(n)	斜方輝石屈折率(γ)	角閃石屈折率(n <sub>2</sub> )	場所	備考	EDX
地蔵堂層	J1	va	F	M01	N260	ho>opx	1.500-1.502(1.501)	1.705-1.713(1.710)	1.665-1.675(1.670)	市原市金剛地		○
	Ks4	va	F	T01	N2524	ho,opx	1.494-1.504			東金市小野		○
	Ks5	va	B	M02	N2424	ho,opx	1.504-1.506(1.505)		1.670-1.679(1.674-1.675)	大網白里市砂田		○
	Ks6	sco	B	M02	N3103	(ho)				"		
	Ks6.1	ca	B	M02	N3104	ho>opx	1.500-1.510(1.501-1.502)		1.670-1.679(1.675)	"		○
	Ks7	sco+pm	B	T02	N2546	cp,opx	1.513-1.521,1.536-1.544	1.714-1.722(1.718), 1.724-1.728		大網白里市平沢		
	Ks7.03	vca	E	T02	N2547	ho>>opx	1.496-1.504,1.518-1.526		1.677-1.685(1.682)	"		○
	Ks7.3	va	B	A01	N1120	ho	1.495-1.513,1.521-1.525			市原市刑部	図幅内未確認	○
	Ks7.5A	sco	F	M03	N3537	cp,ol>>opx		1.699-1.709(1.703)		茂原市桂東		
	Ks7.5B	pm	F	M03	N3538	opx>cp,opx	1.503-1.506(1.505)	1.714-1.722(1.718)		"	qt	
	Ks7.2	pm	E	A12	N3008	opx>cp,opx		1.714-1.719(1.718)		市原市刑部	qt, Ks7.5Bと同一	
	Ks7.8	va	B	—	—	—				"	図幅内未確認	
	Ks8	sco	B	M04	N3536	opx,cp,opx,ho		1.701-1.714(1.705)		茂原市栗名東		
	Ks8.2	vca	新称	M05	N3118	ho>opx	1.523-1.533(1.525)		1.679-1.703(1.696-1.699)	茂原市本納	Kh7	○
	Ks8.4A	pm	新称	M06	N2986	opx>cp,opx	1.527-1.531, 1.535-1.545(1.542)	1.716-1.722(1.719)		茂原市下太田		
	Ks8.4B	va	新称	M06	N2459	ho	1.499-1.502(1.501)		1.671-1.683(1.675-1.676)	"	Kh6b,qt	○
	Ks8.5	pm	E	M07	N2445	opx>cp,opx		1.708-1.715(1.711)		茂原市下太田		
	Ks8.6	pm	新称	M07	N2443	ho	1.506-1.509		1.664-1.682(1.679)	"		○
	Ks9(U)	pm	E	M08	N2447	opx>cp,opx,ho	1.505-1.508(1.507)	1.716-1.729(1.720)	1.672-1.681(1.675)	茂原市下太田		上部
	Ks9(L)	sco	B	M08	N2446	opx>cp,opx		1.710-1.731(1.725)		"		下部
	Ks9.4	sco	B	—	—	—				"	図幅内未確認	
	Ks9.6	va	新称	M09	N3553	ho	1.498-1.507		1.661-1.676(1.670)	茂原市黒戸		
	Ks10	va	B	M10	N488	ho,opx	1.499-1.503(1.500)			茂原市黒戸		○
	Ks11	va	B	M10	N490	bi,ho,opx	1.504-1.507(1.506)			"		○
	Ks11.2	pm+ca	E	M11	N2989	ho			1.673-1.683(1.678)	茂原市黒戸		
	Ks11.5A	pm	E	A02	N2460	opx>cp,opx	1.515-1.525(1.519)	1.711-1.728(1.720)		市原市堀越	図幅内未確認	
	Ks11.5B	pm	E	M12	N2477	opx>cp,opx		1.716-1.732(1.726-1.729)		茂原市長生の森公園		
	Ks11.8	va	F	A03	N3099	ho	1.515-1.526(1.519-1.523)		1.673-1.687(1.680)	市原市鶴舞	図幅内未確認	○
	Ks12	pm+ca	B	M12	N2478	ho>opx			1.689-1.697(1.691-1.693)	茂原市長生の森公園		○
	Ks13	pm	B	M13	N2534	cp,opx>opx		1.733-1.743		茂原市浪谷トンネル		
	Ks14	pm+sco	B	M13	N2533	cp,opx>opx		1.725-1.736(1.730)		"		
	Ks15(U)	pm			N2488	opx>cp,opx		1.736-1.744		"		上部
	Ks15(M)	pm			N2487	opx>cp,opx		1.725-1.745(1.738-1.740)		"		中部
	Ks15(L)	pm+ca			N2486	opx>cp,opx		1.712-1.719(1.716), 1.729-1.744(1.738)		"		下部
	Ks15.2	va	新称	M14	N3562	ho	1.497-1.510(1.501)		1.672-1.688(1.675,1.681)	茂原市芦網		
	Ks16	pm	B	M15	N3590	opx>cp,opx>pg		1.699-1.712(1.703-1.704), 1.735-1.743 pg:1.749-1.761(n <sub>2</sub> )		長柄町榎本		
	Ks17	cva	B	M16	N2491	ho>pcho	1.504-1.507(1.505-1.506)		pc:1.655-1.666(1.658) ho:1.655-1.675(1.671)	茂原市長尾		○
	Ks17.5	pm			N3534	opx>cp,opx		1.725-1.749		"		
	Ks17.5	sco+pm	B	M17	N3533	opx>cp,opx>ho>ol		1.707-1.712(1.709), 1.735-1.752(1.748)		茂原市小林		
	Ks18(U)	va	B	M17	N3532	ho	1.498-1.501(1.500)		1.664-1.678(1.668-1.670)	"		上部
	Ks18(L)	va	B	M17	N3531	ho	1.498-1.501(1.500)		1.666-1.677(1.672-1.674)	"		下部
	Ks19A	pm			—	—				"	図幅内未確認	
	Ks19B	pm+ca	B,F	M18	N3555	opx>cp,opx	1.509-1.513,1.516- 1.522(1.520)	1.709-1.719(1.713)		茂原市押日		
	Ks20	sco	B	M19	N2500	cp,opx>opx	1.533-1.545(1.535,1.544)	1.713-1.727(1.718)		茂原市富士見中		
	Ks20.5	sco	B	—	—	—				"	図幅内未確認	
	Ks21A	sco			M20	N3476	cp,opx>opx	1.698-1.703(1.701), 1.707-1.720(1.712-1.715)		長南町本台		
	Ks21B	pm	B,F			N3475	cp,opx>opx	1.708-1.727(1.718-1.724)		"		
	Ks21B	sco			M19	N2499	opx,cp,opx	1.541-1.559(1.544)		茂原市富士見中		
	Ks22	cva	B	M21	N2450	bi>ho>opx	1.496-1.501(1.499)	1.721-1.726(1.724)		茂原市箕輪	qt	○
	Ks23	sco	F	M22	N3481	opx>cp,opx		1.704-1.716(1.712)		長南町米満		
	Ks23.5	ca	F	M23	N3480	ho		1.679-1.691(1.684-1.686)		長南町米満		
長南層	Ch0.9	pm	新称	M24	N3136	ho	1.512-1.518(1.515)		1.676-1.690(1.680)	茂原市茂原公園		
	Ch1	va	B	M25	N3299	opx>ho>cp,opx	1.509-1.513(1.511)			長南町関原		○
	Ch1.5	pm+ca	H	O01	N3621	ho	1.516-1.519(1.518)		1.677-1.689(1.684)	君津市愛宕山	竹下氏試料	○
	Ch2(U)	va			N2622	bi	1.498-1.501(1.500)			"		○
	Ch2(L)	va	B	M26	N2628	bi>ho	1.498-1.501(1.499)		1.666-1.679(1.671), (1.680-1.690)	茂原市石神		○
	Ch3	va	B	M27	N1137	ho>pcho>bi	1.504-1.508(1.506)		pc:1.657-1.665(1.661), ho:1.669-1.680(1.675)	長南町利根里		○
柿ノ木台層	Ka0.3	sco	新称	M28	N3754	cp,opx>opx		1.699-1.713(1.705)		茂原市早野		
	Ka0.1	pm+ca	C,E	O07	N3773	opx>cp,opx	1.517-1.523(1.519)	1.725-1.734(1.728)		君津市久留里	Ka0.5と同一	
	Ka0.5	pm+ca	B	M29	N3150	opx>cp,opx	1.519-1.523(1.521)	1.724-1.733(1.728)		長南町坂本	C,EのKa0.1	
	Ka1	va	B	M30	N2904	opx>cp,opx	1.500-1.504(1.503)			長南町小沢	qt	○
	Ka2A	sco+ca	B	M31	N2911	opx>cp,opx	1.525-1.541(1.535)			長南町小沢		
	Ka2B	pm+va	B	M31	N2908	opx>cp,opx	1.514-1.520(1.518)			"		
	Ka2.1	sco	B	M32	N2912	opx>cp,opx>ho		1.704-1.711(1.706)		長南町小沢		
	Ka2.2A	sco	B	M33	N2906	cp,opx>opx		1.699-1.714(1.703)		長南町小沢		
	Ka2.2B	pm	B	M33	N2907	opx>cp,opx,(ho)	1.520-1.531(1.528)	1.709-1.717(1.713)		"		
	Ka2.3	pm+ca	B	M34	N2925	opx>cp,opx	1.524-1.540(1.526,1.533)	1.715-1.724(1.720), 1.729-1.734		長南町根方		
	Ka2.35	pm	新称	M35	N2927	opx,cp,opx	1.526-1.542(1.534)	1.708-1.712, 1.723-1.730(1.727)		長南町根方	散在	
	Ka2.4A	va	F	A04	N2932	ho>opx	1.495-1.504, 1.506-1.513(1.509)		1.670-1.684(1.677)	長南町佐坪		○
	Ka2.4B	va	F	A04	N2931	opx>ho	1.499-1.503(1.501)		1.671-1.688	"		○
	Ka2.5	pm+ca	B	A05	N2929	opx>cp,opx	1.520-1.530(1.526)	1.734-1.742(1.737)		長南町佐坪		
Ka2.6	ca	再定義	A06	N2930	opx>cp,opx	1.521-1.531(1.524)	1.724-1.743(1.733)		長南町佐坪			
Ka2.7	sco	再定義	A07	N3276	cp,opx>ol>opx		1.701-1.710(1.706)		長南町佐坪			

略号凡例  
ca ガラス質テフラ opx: 斜方輝石 ( )はモード A: 河井ほか(1950) F: 徳橋・遠藤(1984) qt: 石英  
va 結晶質テフラ cp,opx: 普通輝石 B: 河井(1952) G: 杉原ほか(1991)  
vca ガラス質結晶質テフラ ho: 普通角閃石 C: 三梨ほか(1959) H: 東京港地質調査会  
cva 結晶質ガラス質テフラ pc: カミングトン閃石 D: 石和田ほか(1971) I: 山灰グループ(2000)  
pm 軽石 bi: 黒雲母 E: 町田ほか(1980) L: 中里・佐藤(2010)  
sco スコリア pg: ペジヨン輝石 ol: カンラン石 ( ): 混入の疑い

(a) 地蔵堂層～柿ノ木台層

第 10. 1 表 上総層群のテフラの組成に関する記載総括表

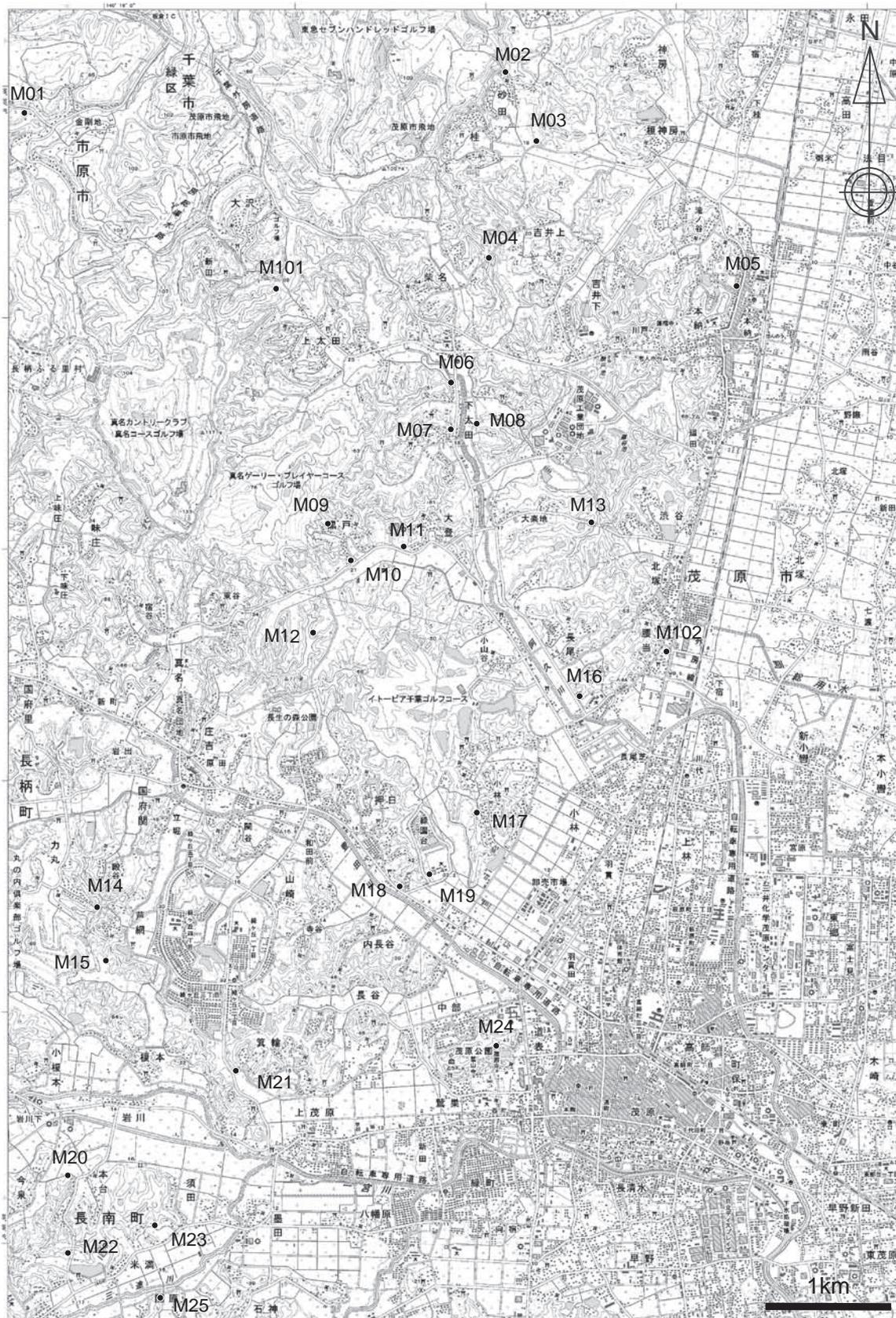
累層名	名称	タイプ	定義	Loc.	試料番号	鉱物組成	ガラス屈折率(n)	斜方輝石屈折率(γ)	角閃石屈折率(n <sub>2</sub> )	場所	備考	EDX	
国本層	Ku0.1	pm+ca	B	M36	N3309	opx>cpz	1.509-1.513(1.510)	1.711-1.716(1.713)		長南町熊野上			
	Ku0.2A	va	再定義	M37	N3311	opx>cpz>ho	1.498,1.502-1.505			"			
	Ku0.2B	ca	再定義	M37	N3310	opx>cpz,(ho)	1.503-1.507(1.504)	1.708-1.715(1.713)		"	qt		
	Ku0.3	pm+ca	B	A08	N3274	opx>cpz	1.520-1.531(1.525)	1.731-1.741(1.735)		"			
	Ku0.5	pm	新称	M38	N3308	opx>ho>cpz	1.498-1.503,1.505-1.509	1.706-1.725(1.713-1.715)			茂原市立木南方		
	Ku0.6	vca	B	M39	N2671	ho	1.518-1.523(1.520)		1.690-1.699(1.695)		睦沢町北山田寺崎新田		○
	Ku0.7	pm+cva	新称	M39	N3297	opx>cpz>ho	1.518-1.523(1.520)				"		
	Ku0.9	vca	A	M40	N3277	opx>cpz	1.516-1.522(1.519)				長南町市野々下		○
	Ku1	va	A	M38	N2633	opz,cpz	1.500-1.503(1.502)				茂原市立木南方		○
	Ku1.4A	vca	A	M41	N3599	opz>cpz	1.495-1.504	1.704-1.710(1.707)			長南町小生田上		
	Ku1.4B	sco	A	M41	N3597	cpz>opz	1.545-1.552(1.548)	1.727-1.735(1.731)			"		
	Ku1.4B	sco	A	M42	N3511	cpz>opz	1.544-1.552(1.549)	1.728-1.733(1.731)			長南町市野々上		
	Ku1.5	sco	A	M42	N3512	opz>cpz	1.534-1.539	1.702-1.713(1.709)			"		
	Ku2A	pm	F	M43	N2642	opz>cpz	1.499-1.504(1.501)	1.703-1.709(1.706)			長南町地引	qt	
	Ku2B	pm+va	F	M43	N2646	opz>cpz	1.514-1.518(1.516)	1.705-1.713(1.708)			"	qt,ob	○
	Ku2.3	vca	再定義	O02	N2631	ho	1.505-1.508(1.506)		1.680-1.691(1.688-1.689)		市原市田淵(養老川)	TNTT,Byk-E	○
	Ku2.3	vca	再定義	M44	N3333	ho	1.505-1.510(1.507)		1.681-1.703		睦沢町馬場	TNTT,Byk-E	○
	Ku2.5	pm	A	M45	N3304	opz>cpz>ho	1.499-1.507(1.501)	1.707-1.717(1.713)			睦沢町白ヶ谷		
	Ku3(U)	va	A	M46	N2667	opz>cpz	1.503-1.509(1.506)				睦沢町大谷木	上部	○
	Ku3(L)	ca	A	M46	N2670	opz>cpz	1.504-1.508(1.506)	1.710-1.717(1.715)			睦沢町下姥神	下部	○
	Ku3.5	pm	A	M47	N2658	opz>cpz	1.504-1.507(1.505)	1.708-1.717(1.714)			睦沢町駒ヶ谷		○
	Ku4	ca	A	M48	N2659	opz>cpz>ol	1.504-1.510(1.506)	1.711-1.718(1.715)			睦沢町森ノ谷西		○
	Ku4.5	pm	A	M49	N3293	opz>cpz	1.518-1.521(1.520)	1.710-1.715(1.713)			"		○
	Ku5A	va	A	M49	N3292	opz>cpz>ho	1.504-1.515(1.506-1.509), 1.498-1.503,1.519-1.540				"		○
	Ku5B	ca	A	M49	N3290	ho>>pc,opz	1.499-1.505(1.501)		ho:1.662-1.675(1.668) pc:1.653-1.662(1.658)		"		
	Ku5C	pm+ca	A	M49	N3289	opz>cpz	1.507-1.515	1.718-1.727(1.723)			"		
	Ku5D	sco	A	M49	N3287	opz>cpz	1.542-1.545,1.549-1.562	1.699-1.707,1.708-1.715			"		
	Ku6A	pm+ca	A	M50	N2661	opz>cpz	1.501-1.506(1.503)	1.709-1.718(1.713)			睦沢町中村		○
	Ku6B	pm+ca	A	M50	N2662	opz>cpz	1.506-1.513(1.509)	1.710-1.719(1.714)			"		○
	Ku6C	va	A	M50	N2664	opz,cpz,ho	1.510-1.515(1.513)				"		○
Ku6D	pm+ca	A	M50	N2666	opz>cpz	1.502-1.505(1.504)	1.705-1.715(1.711)			"	qt	○	
Ku6D'	va	A	M50	N3161	opz	1.502-1.506(1.503)				"		○	
Ku6E	ca	A	M50	N3271	ho>>opz	1.516-1.525(1.521)		1.679-1.690(1.684)		"		○	
梅ヶ瀬層	U1	va	A	M51	N3252	ho>opz	1.500-1.503(1.501)	1.699-1.708,1.712	1.672,1.676-1.684(1.677)	睦沢町森ノ谷南		○	
	U2A(U)	ca	A	M52	N3641	opz>cpz	1.511-1.515(1.513)	1.725-1.731(1.728), 1.733-1.736		睦沢町原鍵水	上部		
	U2A(L)	sco		M52	N3640	opz>cpz>ol		1.698-1.709(1.704)			下部		
	U2A'(U)	pm	A	M53	N3462	opz>cpz	1.521-1.523(1.522)	1.716-1.723			睦沢町部田	上部	
	U2A'(L)	ca	A	M53	N3461	opz>cpz	1.519-1.522(1.521)	1.717-1.721(1.720)				下部	
	U2B	va	A	M53	N3460	ho>>opz	1.497-1.500(1.499)		1.671-1.678(1.672-1.674)		"		○
	U3A	va	G	M54	N3498	opz,ho>cpz	1.497-1.505	1.703-1.714(1.710-1.712)	1.670-1.682		睦沢町飯沢		○
	U3B	pm	G	M54	N3497	opz>cpz>pg>ho	1.514-1.518(1.516)	pg:1.746-1.762(n <sub>2</sub> )			"	pg,qt	
	U4	va	A	M55	N2687	opz>cpz	1.502-1.503(1.503)	1.708-1.712(1.709-1.710)			睦沢町山田谷		○
	U4.1	pm	新称	M56	N3491	opz>ho>cpz	1.512-1.519(1.514)	1.699-1.707(1.704), 1.709-1.713	1.671-1.681,1.686-1.699		睦沢町碓谷		
	U4.5A	pm+ca	G	M57	N3494	opz>cpz>pg	1.513-1.517(1.514)	pg:1.745,1.749-1.762(n <sub>2</sub> )			睦沢町碓谷	pg,qt,スランプ礫	
	U4.5B	pm	G	O03	N3469	opz>ho>cpz		1.700-1.709(1.705), 1.710-1.731			大多喜町紙敷北方	図幅内未確認	
	U5	va	A	M58	N3405	ho	1.499-1.502		1.666-1.677(1.669)		一宮町細田		○
	U6A	pm+ca	A	M59	N3500	opz>cpz	1.518-1.521(1.519-1.520)	1.698-1.706(1.704-1.706)			いすみ市岬町市野々		○
	U6B	pm	A	M59	N3208	opz>cpz	1.514-1.525	1.743-1.745(1.744)			"		
	U6C	pm	A	M60	N2683	opz>cpz	1.522-1.525(1.525)	1.702-1.708(1.706),1.712			"		
	U6D	va	A	M60	N2685	ho	1.500-1.503		1.669-1.678		"		○
	U7	va	A	M61	N2677	opz>cpz	1.501-1.503(1.502-1.503)	1.712-1.729			一宮町奥谷		○
	U7.5	va	A	M62	N3501	opz>cpz	1.519-1.524	1.712-1.716(1.714)			いすみ市岬町市野々		○
	U7.6A	pm	G	O04	N3823	ho>>opz>pc			1.668-1.676(1.672)		大多喜町泉水東	散在	
	U7.6B	sco	G	M62	N3502	ho>opz		1.701-1.713(1.705)	1.683-1.692(1.688), 1.676-1.678		いすみ市岬町市野々		
	U8	va	A	M63	N2678	ho,opz	1.504-1.506(1.505)		1.672-1.678(1.674)		一宮町松子		○
	U9(U)	va	A	M64	N3426	opz>cpz	1.516-1.518(1.517-1.518)	1.711-1.713			一宮町矢畑西	上部	
	U9(L)	ca+pm		M64	N3425	opz>cpz	1.506-1.519(1.517-1.518)					下部	
U9.2	pm	G	M64	N3427	opzcpz	1.500-1.501,1.512-1.515 (1.513-1.514)	1.700-1.713,1.723			"			
U10A	ca	A	M65	N3428	ho>opz	1.511-1.512(1.511)		1.672-1.677(1.674)		一宮町軍荼利ダム北			
U10B	pm+ca	A	M65	N3430	opz>cpz	1.511-1.514(1.512-1.513), 1.522-1.523	1.727-1.739			"			
U11	va	A	M66	N3504	opz	1.509-1.510(1.509)	1.703-1.712(1.711)			いすみ市岬町中央東		○	
U12	va	A	O05	N3466	cpz>opz	1.528-1.530(1.529-1.530)	1.718-1.723(1.719-1.720)			大多喜町紙敷	図幅内未確認		
大田代層	O1	vca	A	M67	N3432	opz>cpz	1.517-1.521(1.518)				一宮町東浪見寺		○
	O2	va	A	M68	N3416	ho>>opz	1.496-1.509				いすみ市岬町谷上		
	O3	va	A	M69	N3652	opz>cpz	1.505-1.508(1.506-1.507)				一宮町東浪見		○
	O3'	vca	D	M69	N3434	opz>cpz	1.519-1.526(1.521-1.522)				"		○
	O4	vca	D	M70	N3614	cpz>opz	1.524-1.538(1.526-1.528, 1.535),1.525-1.536(1.528)	1.706-1.716,1.723-1.750			いすみ市岬町谷上	JのO-kb1	
	O4.5	pm	新称	M71	N3421	opz>ho>cpz	1.515-1.538(1.521-1.523)	1.740-1.749(1.745), 1.700-1.718			いすみ市岬町谷上	JのO-kb2	
	O5(U)	pm+ca		M72	N3174	opz>cpz	1.529-1.534(1.531)					上部は散在 図幅内ではM73で確認	
	O5(L)	ca	D	M72	N3173	opz>cpz	1.528-1.536(1.531), 1.541-1.551(1.544)	1.706-1.728			いすみ市岬町榎沢		
	O6	sco	D	M74	N3607	cpz>opz		1.697-1.709(1.704)			一宮町細田		
	O7	va	D	M75	N3609	ho	1.500-1.502				一宮町細田	Ss-Pnk	○

略号凡例 va ガラス質テフラ opz:斜方輝石 ( )はモード A:河井ほか(1950) F:徳橋・遠藤(1984) qt:石英  
ca 結晶質テフラ cpz:普通輝石 B:河井(1952) G:杉原ほか(1991) ob:黒曜石  
vca ガラス質結晶質テフラ ho:普通角閃石 C:三梨ほか(1959) H:東京港地下地質研究会火山  
cva 結晶質ガラス質テフラ pc:カミングトン閃石 D:石和田ほか(1971) I:中里・佐藤(2010)  
pm 軽石 E:町田ほか(1980) J:辻ほか(2005)  
sco スコリア pg:ビジョン輝石 ( ):混入の疑い

(b) 国本層～大田代層

第 10. 2 表 茂原地域以外からの試料採集地点の位置

1/5万図幅名	地点番号	北緯	東経	テフラ名
東金	T01	35°33'53.43"	140°19'49.59"	Ks4
東金	T02	35°30'35.50"	140°17'42.78"	Ks7,7.03
姉崎	A01	35°25'56.56"	140°10'54.53"	Ks7.3
姉崎	A02	35°24'26.85"	140°10'57.12"	Ks11.5A
姉崎	A03	35°22'48.22"	140°10'32.38"	Ks11.8
姉崎	A04	35°21'09.30"	140°14'29.31"	Ka2.4A,B
姉崎	A05	35°21'05.55"	140°14'30.20"	Ka2.5
姉崎	A06	35°21'00.07"	140°14'29.42"	Ka2.6
姉崎	A07	35°20'46.33"	140°14'23.80"	Ka2.7
姉崎	A08	35°20'33.98"	140°14'26.08"	Ku0.3
姉崎	A09	35°26'11.07"	140°11'10.32"	Ks7.03
姉崎	A10	35°27'31.59"	140°14'37.60"	Ks9
姉崎	A11	35°24'52.89"	140°11'38.17"	Ks12
姉崎	A12	35°25'55.45"	140°11'09.28"	Ks7.2(=Ks7.5B)
大多喜	O01	35°17'51.62"	140°02'55.55"	Ch1.5
大多喜	O02	35°17'39.61"	140°08'47.80"	Ku2.3
大多喜	O03	35°16'53.36"	140°11'51.98"	U4.5B
大多喜	O04	35°17'45.49"	140°14'39.11"	U7.6A
大多喜	O05	35°16'24.13"	140°12'10.11"	U12
大多喜	O06	35°16'08.94"	140°07'54.08"	Ku5A
大多喜	O07	35°17'48.16"	140°05'11.08"	Ka0.1(=Ka0.5)
上総大原	KO01	35°19'24.69"	140°15'40.46"	U1
八日市場	Y01	35°43'38.47"	140°42'03.69"	Ks8.2,8.4
京都東北部	KT01	35°06'12.11"	135°54'00.81"	雄琴仰木
岩ヶ崎	IW01	38°42'26.33"	140°48'24.83"	鴟目火砕流

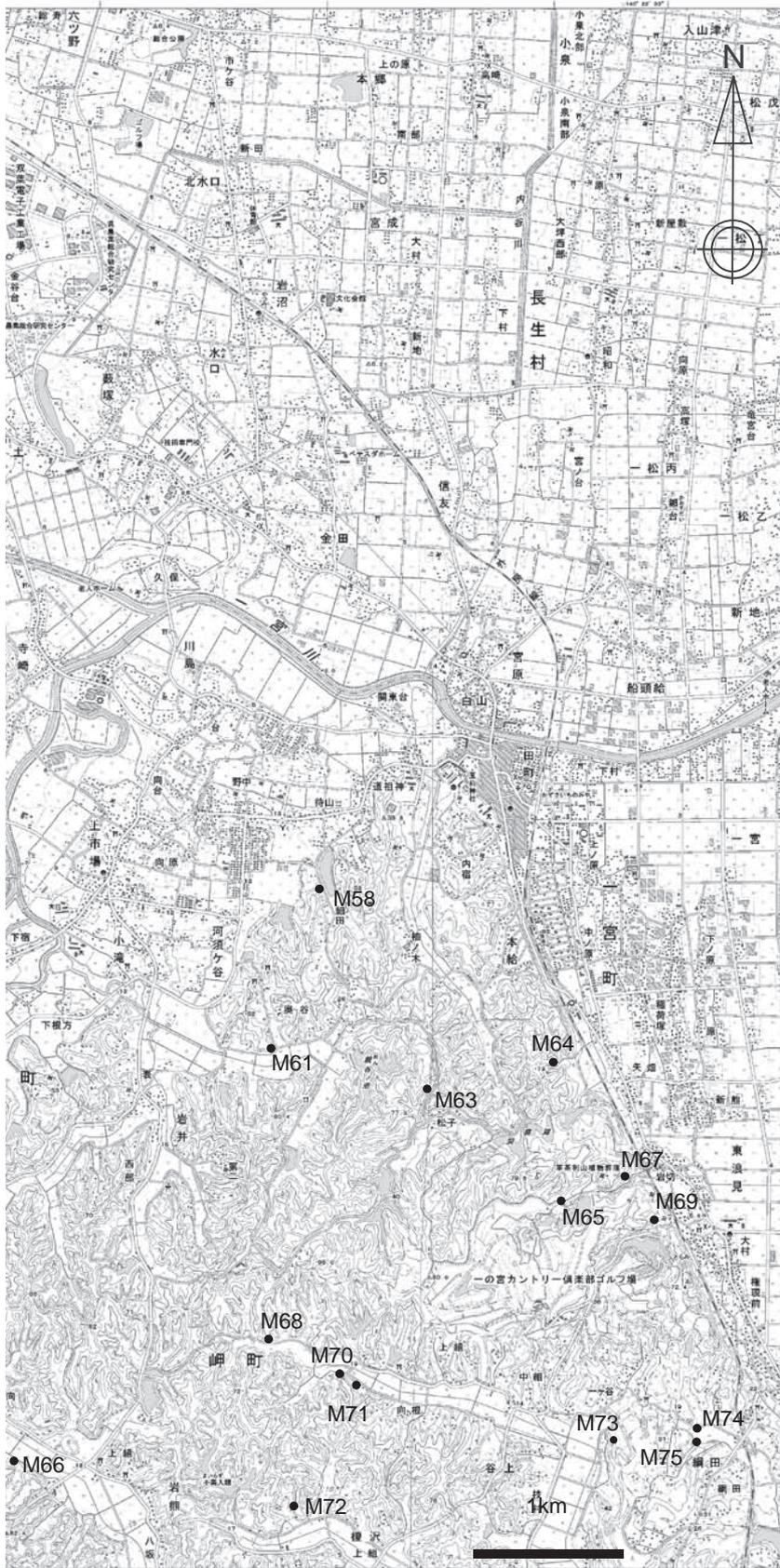


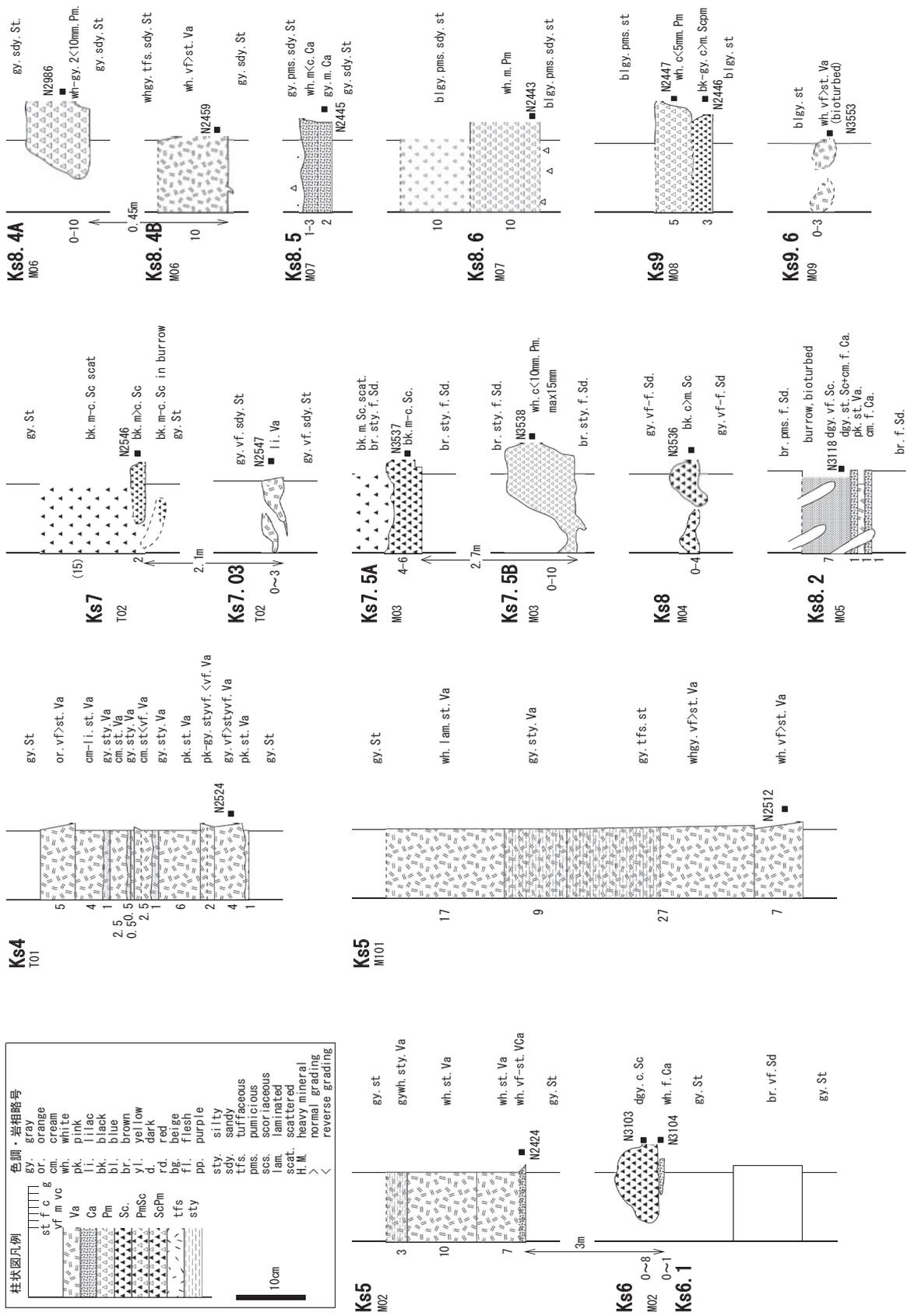
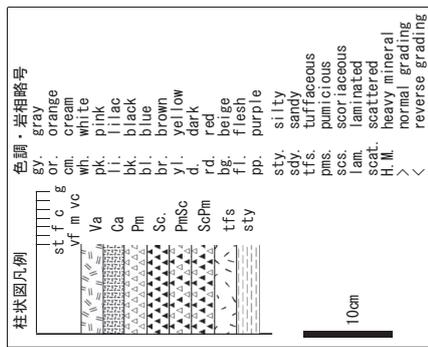
第10.1図 テフラ分析試料採集位置図  
 国土地理院刊行の数値地図25000（地図画像）千葉「茂原」を基図として使用した。



第 10. 2 図 テフラ分析試料採集位置図

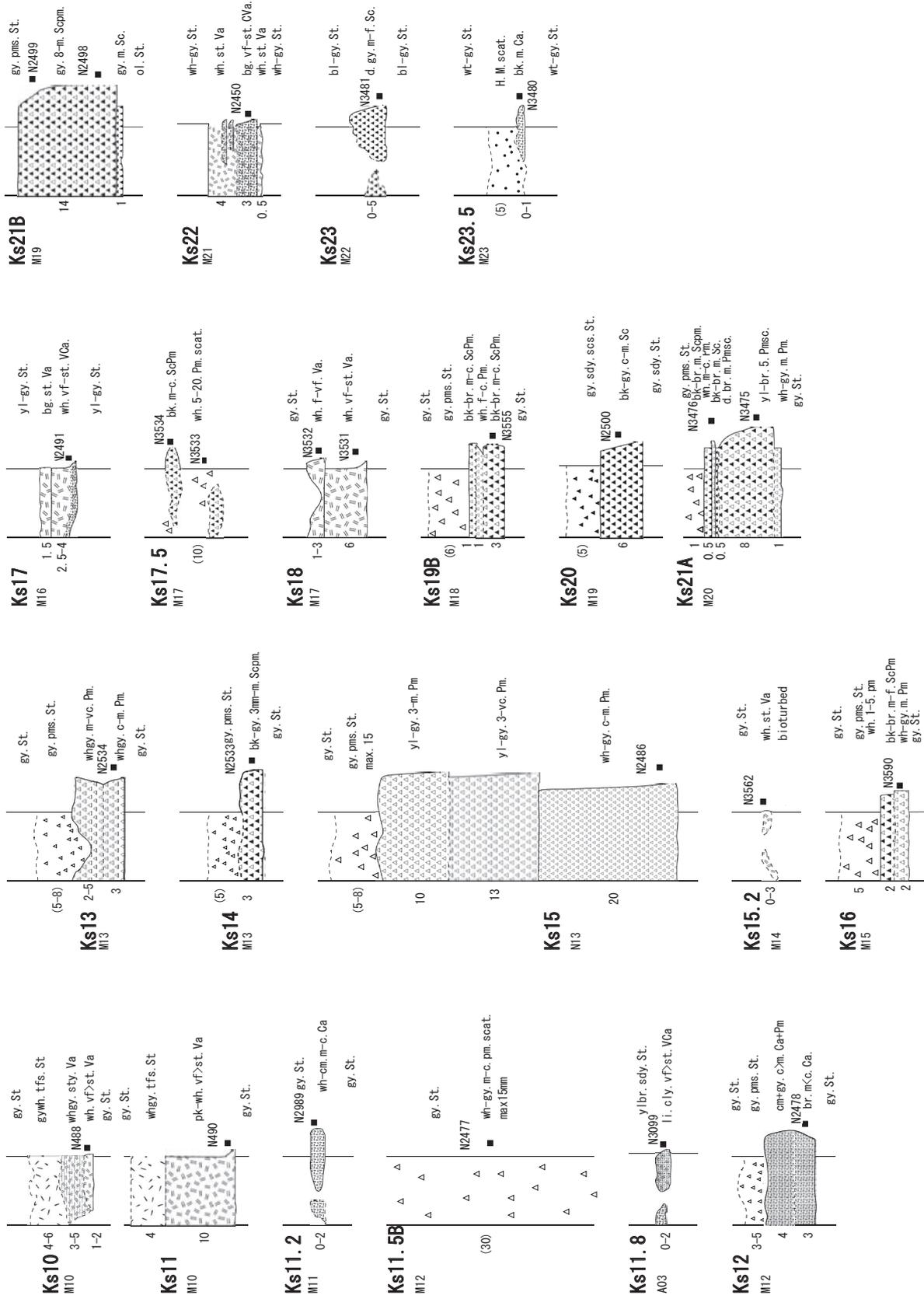
国土地理院刊行の数値地図 25000 (地図画像) 千葉「上総一宮」を基図として使用した。



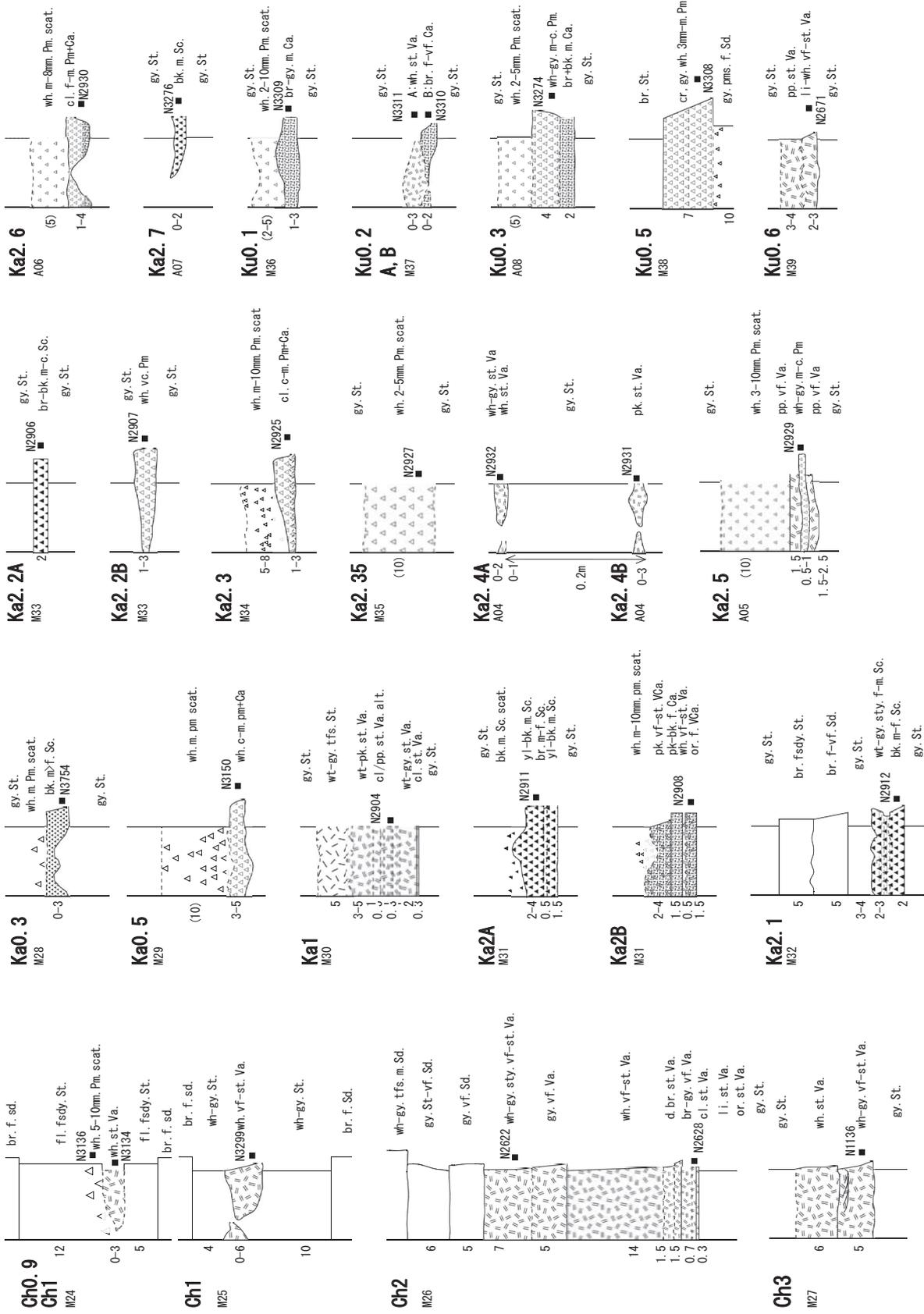


第10.3図 記載したテフラの柱状図と分析層準

(a) Ks4 ~ Ks9.6

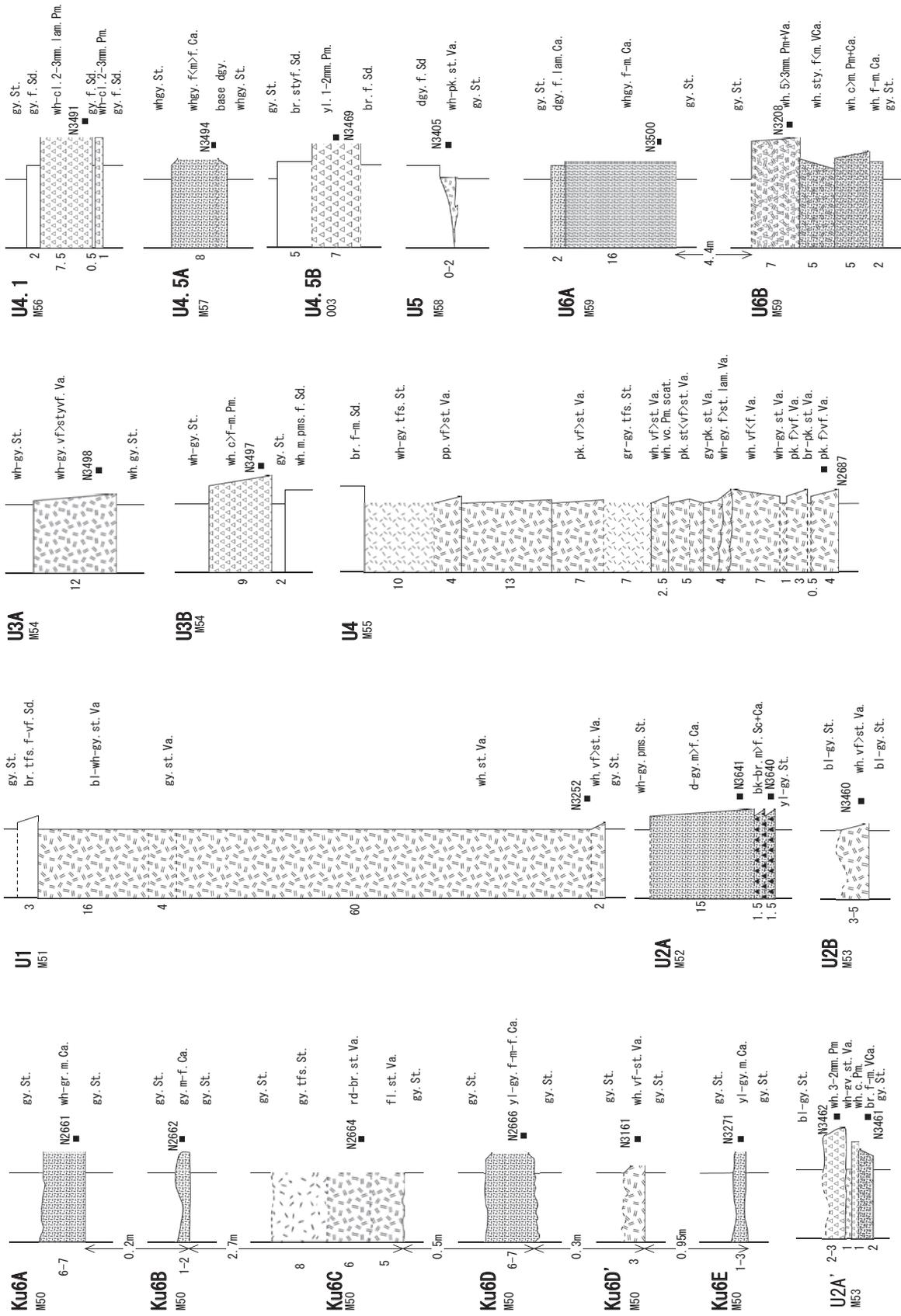


第10.3図 記載したテフラの柱状図と分析層準  
(b) Ks10 ~ Ks23.5



第10.3図 記載したテフラの柱状図と分析層準  
(c) Ch0.9 ~ Ku0.6





第 10.3 図 記載したテフラの柱状図と分析層準 (e) Ku6A ~ U6B



第 10. 3 表 地蔵堂層及び笠森層テフラの火山ガラス及び角閃石の主成分化学組成

テフラ名 試料番号	地点番号 分析数	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	合計 合計(Raw)	分析方法 備考
		上段:100%換算重量(%), 下段:標準偏差, FeO*:全鉄をFeOとして計算										
J1	M01	77.99	0.34	11.51	1.32	0.04	0.18	1.22	2.94	4.47	100.00	B
N260	20	0.19	0.06	0.08	0.14	0.05	0.04	0.07	0.09	0.09	95.02	
Ks4	T01	78.16	0.18	12.46	1.57	0.04	0.26	1.47	3.34	2.52	100.00	A
N2407	20	1.58	0.12	0.48	0.68	0.04	0.19	0.55	0.39	1.05	94.62	
Ks5	M101	77.02	0.32	12.50	1.37	0.05	0.23	1.42	3.87	3.22	100.00	B
N2512	20	0.19	0.06	0.10	0.09	0.05	0.03	0.05	0.11	0.13	91.88	
Ks6.1	M02	77.72	0.22	12.87	1.10	0.09	0.30	1.59	3.76	2.35	100.00	C
N3104	13	0.75	0.09	0.36	0.23	0.06	0.10	0.23	0.09	0.22	90.01	
Ks7.03(1)	T02	70.97	0.42	15.34	3.13	0.14	0.98	4.09	4.31	0.63	100.00	B
N2547	8	0.42	0.08	0.25	0.22	0.06	0.18	0.15	0.10	0.05	91.11	
Ks7.03(2)	T02	77.41	0.30	12.25	1.83	0.09	0.23	1.76	3.67	2.46	100.00	B
N2547	12	1.01	0.15	0.56	0.56	0.09	0.15	0.45	0.42	1.13	91.97	
Ks7.03	A09	71.62	0.28	15.64	2.81	0.11	0.95	3.91	4.05	0.63	100.00	A
N1270	20	0.51	0.07	0.25	0.22	0.06	0.13	0.15	0.22	0.08	93.71	
雄琴仰木1	KT01	72.85	0.44	14.62	2.68	0.13	0.59	3.48	4.11	1.09	100.00	B
N1993	5	0.65	0.06	0.49	0.21	0.05	0.11	0.32	0.14	0.08	95.51	粘土化
雄琴仰木2	KT01	76.93	0.15	13.73	1.27	0.14	0.33	2.23	3.78	1.43	100.00	B
N1993	12	0.55	0.08	0.39	0.18	0.07	0.08	0.13	0.14	0.09	94.95	粘土化
Ks7.03	T02	46.99	1.65	9.85	13.05	0.50	15.09	10.97	1.77	0.09	100.00	B
N2547(ho)	20	0.71	0.08	0.74	0.61	0.10	0.52	0.23	0.15	0.13	94.34	
Ks7.03	A09	46.82	1.64	9.85	13.57	0.43	14.74	11.17	1.69	0.09	100.00	B
N1270(ho)	20	0.92	0.20	0.96	1.13	0.11	0.92	0.30	0.25	0.08	97.87	
雄琴仰木	KT01	46.82	1.74	9.71	13.21	0.45	15.08	11.21	1.65	0.13	100.00	B
N1994(ho)	20	1.16	0.28	0.99	0.46	0.21	0.43	0.38	0.21	0.08	98.33	
Ks7.3	A01	78.20	0.14	12.46	1.41	0.03	0.25	1.31	3.52	2.66	100.00	A
N1120	30	1.00	0.11	0.33	0.53	0.05	0.12	0.50	0.48	1.18	93.26	
Ks8.2	M05	65.29	1.00	16.31	4.34	0.15	1.32	3.29	4.11	4.17	100.00	C
N3118	15	1.72	0.21	0.34	0.72	0.09	0.42	0.68	0.08	0.35	91.99	Kh7
Kh7	Y01	65.84	0.73	17.02	3.52	0.14	0.86	3.37	4.37	4.17	100.00	B
N2133	12	1.47	0.11	1.19	0.37	0.07	0.14	0.90	0.23	0.53	94.39	Ks8.2
Ks8.4B	M06	78.91	0.20	12.04	1.25	0.12	0.20	1.64	3.87	1.77	100.00	B
N2459	15	0.28	0.07	0.19	0.10	0.07	0.05	0.08	0.13	0.12	95.68	Kh6b
Kh6b	Y01	78.87	0.14	12.67	1.28	0.08	0.30	1.53	3.50	1.61	100.00	A
N1405	20	0.34	0.06	0.13	0.09	0.07	0.04	0.08	0.15	0.06	95.22	Ks8.4B
鷺目pfl	IW01	79.20	0.19	12.02	1.38	0.11	0.19	1.60	3.72	1.58	100.00	B
N2157	15	0.25	0.09	0.13	0.09	0.09	0.04	0.09	0.07	0.08	95.09	Ks8.4B給源
Ks8.6	M07	76.26	0.21	13.51	1.57	0.09	0.47	2.37	3.78	1.74	100.00	B
N2443	14	0.51	0.14	0.53	0.63	0.07	0.24	0.20	0.31	0.09	96.17	
Ks9(U)	A10	77.67	0.30	12.13	2.03	0.08	0.26	1.93	3.93	1.67	100.00	B
N2517	20	0.56	0.08	0.30	0.22	0.05	0.04	0.20	0.09	0.70	95.28	
Ks10	M10	78.65	0.12	12.49	0.94	0.02	0.25	1.13	3.40	3.01	100.00	A
N488	20	0.33	0.06	0.11	0.06	0.03	0.06	0.05	0.22	0.11	94.70	
Ks11	M10	75.16	0.23	13.98	1.23	0.04	0.30	1.11	3.70	4.25	100.00	A
N490	20	0.33	0.05	0.14	0.08	0.05	0.06	0.08	0.14	0.12	95.19	Kb-Ks
Ks11.8	A03	70.98	0.34	15.54	2.59	0.11	0.92	3.13	4.34	2.07	100.00	C
N3099	20	1.00	0.07	0.35	0.38	0.09	0.15	0.32	0.12	0.15	89.24	
Ks12	A11	67.56	0.46	16.63	3.13	0.07	1.08	3.08	4.56	3.44	100.00	A
N1271	14	0.19	0.06	0.11	0.13	0.05	0.06	0.08	0.11	0.07	94.99	
Ks17	M16	77.00	0.17	13.46	1.06	0.08	0.33	1.85	3.94	2.11	100.00	B
N2491	20	1.36	0.05	0.61	0.50	0.07	0.22	0.61	0.19	0.57	94.79	
Ks18(L)	M102	78.77	0.25	11.71	0.92	0.07	0.16	1.12	3.61	3.38	100.00	B
N2504	15	0.23	0.07	0.14	0.09	0.08	0.06	0.06	0.12	0.13	95.04	
Ks22	M21	77.22	0.05	12.28	0.86	0.10	0.03	0.84	3.19	5.45	100.00	B
N2450	20	0.20	0.05	0.13	0.12	0.09	0.03	0.06	0.08	0.17	95.88	

第 10. 4 表 長南層テフラの火山ガラスの主成分化学組成

テフラ名 試料番号	地点番号 分析数	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	合計 合計(Raw)	分析方法 備考
		上段:100%換算重量(%), 下段:標準偏差, FeO*:全鉄をFeOとして計算										
Ch1	M25	75.22	0.45	13.61	1.95	0.17	0.48	2.20	4.51	1.41	100.00	C
N3299	20	0.84	0.05	0.47	0.14	0.07	0.10	0.24	0.12	0.11	89.12	
Ch1	M24	76.10	0.40	13.15	1.84	0.13	0.43	2.09	4.25	1.61	100.00	C
N3134	15	1.31	0.10	0.75	0.28	0.10	0.10	0.26	0.40	0.44	93.38	
Ch1.5	O01	73.72	0.31	14.76	1.94	0.12	0.70	2.78	4.24	1.45	100.00	C
N3621	15	1.59	0.08	0.86	0.31	0.06	0.16	0.45	0.16	0.14	91.67	
Ch2(U)	M26	77.01	0.19	12.94	0.82	0.11	0.15	0.94	3.87	3.97	100.00	B
N2622	20	0.30	0.06	0.18	0.09	0.09	0.04	0.09	0.13	0.18	94.76	Se-Tg
Ch2(L)	M26	76.91	0.21	13.00	0.89	0.09	0.15	0.98	3.78	3.99	100.00	B
N2628	20	0.22	0.07	0.11	0.09	0.07	0.04	0.05	0.11	0.14	95.42	Se-Tg
Ch3	M27	75.34	0.19	13.99	1.37	0.06	0.42	1.87	4.09	2.67	100.00	B
N1137	20	0.40	0.06	0.18	0.25	0.05	0.16	0.15	0.09	0.11	93.88	

第 10. 5 表 柿ノ木台層テフラの火山ガラスの主成分化学組成

テフラ名 試料番号	地点番号 分析数	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	合計 合計(Raw)	分析方法 備考
上段: 100%換算重量(%), 下段: 標準偏差, FeO*: 全鉄をFeOとして計算												
Ka1	M30	78.41	0.29	11.96	1.35	0.07	0.25	1.65	3.76	2.27	100.00	B
N2904	20	0.20	0.09	0.14	0.08	0.08	0.04	0.08	0.13	0.09	94.11	
Ka2B	M31	74.47	0.45	13.23	2.74	0.10	0.73	3.01	3.58	1.69	100.00	C
N2908	15	0.20	0.05	0.06	0.13	0.08	0.04	0.13	0.07	0.06	89.75	
Ka2.4A	A04	75.78	0.30	13.22	1.52	0.09	0.27	1.57	3.73	3.52	100.00	B
N2932	20	1.67	0.14	0.73	0.42	0.06	0.13	0.52	0.32	1.02	94.63	
Ka2.4B	A04	77.79	0.23	12.05	1.21	0.06	0.16	1.33	3.32	3.86	100.00	B
N2931	20	0.57	0.09	0.31	0.25	0.05	0.09	0.30	0.38	1.05	93.66	

第 10. 6 表 国本層テフラの火山ガラスの主成分化学組成

テフラ名 試料番号	地点番号 分析数	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	合計 合計(Raw)	分析方法 備考
上段: 100%換算重量(%), 下段: 標準偏差, FeO*: 全鉄をFeOとして計算												
Ku0.6	M38	68.77	0.48	16.30	2.46	0.18	0.72	2.79	4.51	3.80	100.00	B
N2900	20	1.02	0.05	0.61	0.18	0.09	0.08	0.42	0.17	0.31	96.51	
Ku0.6	M39	68.79	0.51	16.36	2.53	0.18	0.76	2.79	4.32	3.76	100.00	C
N2671	20	0.50	0.06	0.34	0.12	0.06	0.06	0.24	0.08	0.16	89.02	
Ku0.9	M38	74.41	0.40	13.01	3.64	0.15	0.56	3.52	3.73	0.57	100.00	B
N2899	20	0.90	0.09	0.35	0.30	0.08	0.08	0.24	0.19	0.06	97.28	
Ku1	M38	78.75	0.24	11.88	1.32	0.08	0.17	1.36	3.94	2.27	100.00	B
N2633	20	0.31	0.06	0.12	0.11	0.07	0.04	0.11	0.16	0.13	94.72	Hkd-Ku
Ku2B	M103	74.31	0.59	13.10	2.62	0.12	0.58	2.40	3.99	2.29	100.00	C
N3286	20	0.45	0.06	0.18	0.14	0.06	0.07	0.15	0.09	0.08	89.64	
Ku2.3	O02	74.49	0.23	14.47	1.27	0.14	0.29	1.94	3.91	3.26	100.00	B
N2631	20	0.78	0.08	0.60	0.14	0.07	0.05	0.34	0.20	0.24	89.63	TNTT
Ku2.3	M44	74.62	0.23	14.25	1.37	0.18	0.34	1.86	3.89	3.27	100.00	C
N3333	20	0.26	0.06	0.14	0.12	0.09	0.04	0.08	0.07	0.08	89.79	TNTT
Ku3ash	M46	78.22	0.40	11.68	1.89	0.06	0.29	1.71	3.67	2.08	100.00	B
N2667	20	0.23	0.06	0.14	0.11	0.06	0.05	0.10	0.11	0.14	95.03	
Ku5A	O06	74.19	0.37	13.76	1.51	0.10	0.31	1.35	3.68	4.73	100.00	B
N3010	20	1.68	0.12	0.76	0.29	0.08	0.16	0.31	0.27	0.47	94.30	
Ku5A(1)	M49	74.01	0.40	13.83	1.48	0.10	0.37	1.37	3.60	4.86	100.00	C
N3292	13	1.41	0.10	0.60	0.33	0.08	0.07	0.20	0.35	0.27	89.07	
Ku5A(2)	M49	66.76	0.95	15.84	3.83	0.21	1.38	3.67	3.99	3.36	100.00	C
N3292	7	1.82	0.14	0.48	0.65	0.09	0.30	0.64	0.09	0.47	88.98	
Ku6A	M50	78.55	0.30	11.69	1.51	0.06	0.19	1.53	3.75	2.40	100.00	B
N2661	20	0.33	0.07	0.12	0.27	0.06	0.06	0.14	0.15	0.13	95.17	
Ku6B	M50	77.25	0.38	12.12	2.02	0.10	0.36	2.10	3.67	2.00	100.00	B
N2662	20	0.81	0.08	0.21	0.33	0.06	0.07	0.19	0.12	0.07	95.55	
Ku6C	M50	71.60	0.54	14.53	2.33	0.10	0.42	1.70	4.04	4.76	100.00	B
N2664	20	0.37	0.07	0.15	0.15	0.06	0.07	0.12	0.07	0.10	94.66	SS-Az
Ku6D	M50	78.18	0.26	11.93	1.44	0.05	0.25	1.57	3.77	2.54	100.00	B
N2666	20	0.37	0.07	0.19	0.14	0.06	0.05	0.14	0.12	0.16	94.33	
Ku6D'	M50	78.23	0.29	11.88	1.52	0.08	0.27	1.66	3.61	2.46	100.00	C
N3161	20	0.28	0.07	0.23	0.18	0.09	0.04	0.10	0.11	0.22	89.13	
Ku6E	M50	73.34	0.25	15.08	1.79	0.15	0.60	2.66	4.24	1.89	100.00	C
N3271	20	0.79	0.06	0.43	0.21	0.08	0.07	0.30	0.13	0.10	88.98	

第 10. 7 表 梅ヶ瀬層テフラの火山ガラスの主成分化学組成

テフラ名 試料番号	地点番号 分析数	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	合計 合計(Raw)	分析方法 備考
U1	KO01	78.65	0.21	12.17	1.27	0.07	0.19	1.52	3.77	2.15	100.00	B
N2692	20	0.39	0.08	0.21	0.10	0.05	0.03	0.12	0.22	0.24	94.04	
U2B	M53	78.32	0.17	12.37	0.78	0.10	0.18	0.98	3.59	3.51	100.00	C
N3460	20	0.19	0.06	0.11	0.08	0.07	0.04	0.06	0.21	0.30	89.19	
U4	M55	78.89	0.29	11.71	1.38	0.09	0.21	1.54	3.77	2.11	100.00	B
N2687	20	0.23	0.08	0.15	0.13	0.07	0.05	0.07	0.07	0.08	94.10	
U5	M58	76.86	0.14	13.30	0.96	0.03	0.31	1.56	3.77	3.08	100.00	C
N3405	20	1.05	0.07	0.43	0.20	0.05	0.18	0.35	0.14	0.21	88.99	
U6D	M60	77.10	0.14	13.21	0.93	0.08	0.23	1.40	3.76	3.14	100.00	C
N2685	20	0.42	0.05	0.26	0.08	0.07	0.05	0.09	0.13	0.19	89.36	
U7	M61	78.28	0.27	11.85	1.38	0.09	0.18	1.40	3.57	2.98	100.00	B
N2677	20	0.32	0.07	0.21	0.13	0.08	0.04	0.07	0.10	0.14	94.66	Ob6C
U7.5	M62	73.91	0.52	13.19	3.43	0.13	0.71	3.53	3.81	0.78	100.00	C
N3501	20	1.25	0.09	0.43	0.48	0.07	0.12	0.43	0.12	0.06	90.10	
U8	M63	78.08	0.35	11.83	1.75	0.08	0.27	1.81	3.47	2.35	100.00	B
N2678	20	0.19	0.07	0.14	0.11	0.07	0.04	0.07	0.09	0.08	94.72	Ob6A
U11	M66	77.27	0.46	11.83	2.05	0.06	0.40	2.12	3.43	2.37	100.00	C
N3504	20	0.22	0.07	0.11	0.11	0.06	0.03	0.08	0.07	0.06	89.30	
U12	O05	71.42	0.56	13.38	4.96	0.24	0.86	4.30	3.69	0.59	100.00	C
N3466	20	0.33	0.07	0.11	0.26	0.11	0.07	0.13	0.07	0.05	89.25	

第 10. 8 表 大田代層テフラの火山ガラスの主成分化学組成

テフラ名 試料番号	地点番号 分析数	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	合計 合計(Raw)	分析方法 備考
O1	M67	76.04	0.36	12.30	3.30	0.14	0.48	3.01	3.67	0.71	100.00	C
N3432	15	0.74	0.07	0.19	0.24	0.06	0.10	0.25	0.08	0.06	92.36	
O3	M69	77.98	0.38	11.76	1.87	0.07	0.37	1.92	3.39	2.27	100.00	C
N3652	15	0.18	0.06	0.11	0.07	0.03	0.06	0.06	0.08	0.05	93.71	Ob5.7
O3'	M69	69.67	0.66	14.24	5.17	0.21	0.96	4.16	4.17	0.76	100.00	C
N3434	15	1.94	0.16	0.55	0.72	0.08	0.32	0.70	0.23	0.07	93.59	
O7	M75	77.90	0.22	12.16	0.94	0.06	0.17	1.07	3.15	4.33	100.00	C
N3609	15	0.13	0.04	0.10	0.07	0.05	0.04	0.05	0.08	0.14	93.97	Ss-Pnk

## 文 献

- 阿部勝征 (1999) 遡上高を用いた津波マグニチュード  $M_t$  の決定—歴史津波への応用. 地震第2輯, vol. 52, p. 369–377.
- Aida, N. Furuno, K., and Kagawa, A. (1996) Paleomagnetic Stratigraphy of the Kazusa Group, Boso Peninsula, Japan -Matuyama-Brunhes Magnetic Polarity Reversal in the Kokumoto Formation-. *Proceedings on the Research of Stratotype for the Lower-Middle Pleistocene Boundary, Internal Research Group for the Lower-Middle, Middle-Upper Pleistocene Boundary*, Japan Association for Quaternary Research, p. 62–72.
- 明石 護 (1997) 天然ガス資源. 千葉県の自然誌 本編2, 財団法人千葉県史料研究財団, p. 615–639.
- 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. 石油技術協会誌, vol. 57, p. 427–433.
- 安藤 武・岸 和男・菅野敏夫 (1966) 千葉県の地下水, 千葉県商工労働部, 110 p.
- Aoki, N. (1963) Pliocene and Pleistocene foraminifera from along the Yoro River, Boso Peninsula -vertical faunal change-. *Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec. C*, vol. 8, p. 203–227.
- 青木直昭 (1964) 房総半島の鮮新世更新世の有孔虫. 地質学雑誌, vol. 70, p. 170–179.
- Aoki, N. (1968) Benthonic foraminifera of Kazusa Group, Boso Peninsula. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N.S.*, vol. 70, p. 238–266.
- 青木直昭・馬場勝良 (1970) 木更津—市原地域の瀬又, 上泉および成田層の貝化石群とその産出層準. 地質学雑誌, vol. 77, p. 137–151.
- 青木直昭・馬場勝良 (1972) 千葉県北東部の更新統の層序. 地質学雑誌, vol. 78, p. 65–73.
- 青木直昭・馬場勝良 (1973) 関東平野東部, 下総層群の層序と貝化石群のまとめ. 地質学雑誌, vol. 79, p. 453–464.
- Aoki, N. and Baba, K. (1980) Pleistocene molluscan assemblages of the Boso Peninsula, Central Japan. *Sci. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, Sec. B*, vol. 1, p. 107–148.
- 青木直昭・堀口 興・馬場勝良 (1970) 房総, 柿ヶ崎—千葉市付近の更新統. 地質学雑誌, vol. 76, p. 303–308.
- 青木直昭・馬場勝良・堀口 興 (1971) 房総, 木更津—大谷地域の更新統. 地質学雑誌, vol. 77, p. 741–748.
- 新井房夫・町田 洋・杉原重夫 (1977) 南関東における後期更新世の示標テフラ層—特性記載とそれに関連する諸問題. 第四紀研究, vol. 16, p. 19–40.
- 浅賀正義編 (1992) 新・千葉県地学のガイド 千葉県の地質とそのおいたち. 地学のガイドシリーズ, コロナ社, 326 p.
- 馬場勝良 (1990) 関東地方南部・上総層群の貝化石群. 慶応義塾舎幼稚舎, 445 p.
- 馬場勝良・青木直昭 (1980) 房総半島, 上総層群上部の層序と貝化石群. 地質学雑誌, vol. 86, p. 91–103.
- Bassinot, F.C., Labeyrie, L.D., Vincent, E., Quidelleur, X., Shackleton, N. J. and Lancelot, Y. (1994) The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 126, p. 91–108.
- Berggren, W.A., Kent, D.V., Swisher, III, C. and Aubry, M.P. (1995) A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In Berggren, W.A., Kent, D.V., Aubry, M.P. and Hardenbol, J. eds., *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation, SEPM (Society of Sedimentary Geology)*, Special publication, vol. 54, p. 129–212.
- Blow, W.H. (1969) Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Bronnimann, P. and Renz, H.H. eds., *Proceedings of the First International Conference on Planktonic microfossils, Geneva 1967 Vol. 1*, p. 199–422.
- Cherepanova, M.V., Pushkar, V.S., Razjigaeva, N., Kumai, H. and Koizumi, I. (2002) Diatom Biostratigraphy of the Kazusa Group, Boso Peninsula, Honshu, Japan. *The Quaternary Research (Daiyonki-Kenkyu)*, vol. 41, p. 1–10.
- 千葉県 (1997) 千葉県の自然誌 本編2: 千葉県の大地, 千葉県, 823 p.
- 千葉県 (2014) 千葉県地質環境インフォメーションバンク. <https://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/chishitsu.html>. (2014/8/1).
- 千葉県立中央博物館 (1991) 地学資料 上総層群下部鍵層集 (1990年版), 千葉県中央博物館, 218 p.
- 千葉県環境生活部 (2014) 千葉県の地盤沈下現況 (平成25年千葉県水準測量結果概要). 千葉県, 39 p. <https://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/jibanchinka/torikumi/documents/hp.pdf>. (2015/08/01).
- 千葉県教育委員会 (1988) 地学資料 上総層群上部鍵層集 (1987年版), 千葉県立中央博物館, 145 p.
- 千葉県東方沖地震斜面崩壊調査グループ (1990) 千葉県東方沖地震による松尾・成東・東金周辺地域の斜面崩壊: 地震による洪積台地の斜面崩壊. 地質学論集, no. 35, p. 47–61.
- 長生村史編さん委員会 (1960) 長生村史. 長生村, 505 p.
- 檀原 徹・渡辺真人 (1994) 房総半島上総・下総層群のFT年代測定 (その1). フィッション・トラックニュースレター, no. 7, 12–17.
- 独立行政法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門 (2007) 平成18年度骨材資源調査報告書. 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 55 p.
- 江坂輝弥 (1972) 自然環境の変貌—縄文土器文化期における—. 第四紀研究, vol. 11, p. 135–141.
- 藤岡導明・亀尾浩司 (2004) テフラ鍵層に基づく銚子地域の犬吠層群小浜層と房総半島の上総層群黄和田層, 大田代層および梅ヶ瀬層との対比. 地質学雑誌, vol. 110, p. 480–

- 496.
- 藤原 治・増田富士夫・酒井哲弥・岡崎浩子・齊藤 晃・鈴木俊秀 (1996) 海浜堆積物からみた下総層群の隆起運動象. 堆積学研究, vol. 43, p. 39–46.
- 古川 力 (1984) 古地震に見える元禄地震と九十九里浦. 千葉県郷土史研究連絡会 (編) 「房総災害史—元禄大地震と津波を中心に—」, p. 39–67.
- 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, 82 p.
- 布施雅也・中村圭助・伊藤 慎 (2013) 房総半島中部更新統長南層の陸棚外縁三角州前縁で形成されたハイパービクナイト. 堆積学研究, vol. 72, p. 147–151.
- 羽鳥徳太郎 (1976) 南房総における元禄16年 (1703年) 津波の供養碑—元禄津波の推定波高と対象地震の津波との比較. 地震研究彙報, vol. 51, p. 63–81.
- 東元定雄・松浦浩久・水野清秀・河田清雄 (1985) 呉地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1図幅), 地質調査所, 93 p.
- 樋口 雄 (1964) 千葉県ガス田地域における微化石層位学的研究. 東北大学地史古生物学教室邦文報告, vol. 61, p. 1–48.
- 樋口 雄・菊池良樹 (1964) 上総層群に関する微化石層位学的研究ならびに鉅床地質学的研究. 石油技術協会誌, vol. 29, p. 22–28.
- 樋口 雄・齊藤 浩 (1965) 千葉県ガス田地域西部における微化石相に関する考察. 石油技術協会誌, vol. 30, p. 261–268.
- Hirayama, J. and Nakajima, T. (1977) Analytical study of turbidites, Otadai Formation, Boso Peninsula, Japan. *Sedimentology*, vol. 24, p. 747–779.
- 平山次郎・鈴木尉元 (1968) 単層の解析—その実際と堆積学的意義について—. 地球科学, vol. 22, p. 43–62.
- 堀川恵司・高野壮太郎・伊藤 慎・中野孝教 (2001) 上総層群の陸棚—深海堆積物に記録された水河性海水準変動と古海洋変動. 第四紀研究, vol. 40, p. 283–290.
- 堀川清司・砂村継夫 (1971) 千葉県九十九里海岸における漂砂の卓越方向に関する研究. 海岸工学論文集, vol. 18, p. 417–422.
- 星上幸良・宇多高明・野志保仁・小澤広樹 (2006) 九十九里浜の形成にかかわる土砂供給源に関する一考察. 海洋開発論文集, vol. 22, p. 403–408.
- 星住英夫・小野晃司・三村弘二・野田徹郎 (1988) 別府地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 131 p.
- 市原市文化財センター (2004) 市原市山田橋大山台遺跡. 財団法人市原市文化財センター調査報告書, vol. 88, 332 p.
- 一宮町史編さん委員会 (1964) 一宮町史. 一宮町, 702 p.
- 伊田一善・三梨 昂・影山邦夫 (1956) 関東南部の地層の大区分について. 地調月報, vol. 7, p. 435–436.
- 五十嵐厚夫 (1994) 浮遊性有孔虫化石群集の主成分分析による上総層群堆積時の古海洋環境の復元. 地質学雑誌, vol. 100, p. 348–359.
- 今村明恒 (1925) 房総半島ニ於ケル土地ノ隆起. 震災予防調査会報告, no. 100 (乙), p. 91–93.
- Imamura, A. (1928) On the seismic activity of the Kwanto district. *Jap. Jour. Astro. Geophys.*, vol. 5, p. 127–135.
- 石橋克彦 (1986) 1677 (延宝5) 年関東東方沖の津波地震について. 歴史地震, no. 2, p. 149–152.
- Ishida, M. (1992) Geometry and relative motion of Philippine Sea plate and Pacific plate beneath the Kanto-Tokai district, Japan. *Jour. Geophys. Res.*, vol. 97, p. 489–513.
- 石和田靖章 (1959) 千葉県横芝 R1 号井の試掘結果について. 地調月報, vol. 10, p. 55–66.
- Ishiwada, Y. (1964) Benthonic foraminifera off the Pacific coast of Japan referred to biostratigraphy of the Kazusa group. *Rep., Geol. Surv. Japan*, vol. 205, p. 1–45.
- 石和田靖章・品田芳二郎 (1956) 九十九里ガス田東金試掘井について. 石油技術協会誌, vol. 21, p. 13–21.
- 石和田靖章・品田芳二郎 (1959) 千葉県飯岡 R1 号天然ガス試掘井調査報告. 地調月報, vol. 10, p. 86–90.
- 石和田靖章・樋口 雄・菊池良樹 (1962) 南関東ガス田の微化石層序. 石油技術協会誌, vol. 27, p. 68–79.
- 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.
- 石塚吉浩・水野清秀・松浦浩久・星住英夫 (2005) 第8章 中期更新世大分層群. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅) 豊後杵築地域の地質, 産業技術総合研究所地質調査総合センター. p. 46–54.
- Ito, M. (1992) High-frequency depositional sequences of the upper part of the Kazusa Group, a middle Pleistocene forearc basin fill in Boso Peninsula, Japan. *Sediment. Geol.*, vol. 76, p. 155–175.
- Ito, M. and Katsura, Y. (1993) Depositional sequences in turbidite successions of the lower Kazusa Group, the Plio-Pleistocene forearc basin fill in the Boso Peninsula, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol. 99, p. 813–829.
- 地震調査研究推進本部 (2011) 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価 (第二版) について. 70 p. [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/11nov\\_sanriku/sanriku\\_boso\\_3\\_hyoka.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/11nov_sanriku/sanriku_boso_3_hyoka.pdf), (2014/8/1).
- 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, p. 99–118.
- Kakimi, T. (1980) Magnitude—frequency relation for displacement of minor faults and its significance in crustal deformation. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 31, p. 467–487.
- 垣見俊弘・小玉喜三郎 (1975) 断層の規模別頻度分と地殻ひずみおよび地震活動との関連性. 地調月報, vol. 25, p. 75–87.
- 釜井俊孝 (1989) 1987年千葉県東方沖地震による上総丘陵の斜面崩壊—崩壊の分類と安定の検討—. 地すべり, vol. 26, p. 16–25.
- 鎌田浩毅・檀原 徹・山下 透・星住英夫・林田 明・竹村恵二 (1994) 大阪層群アズキ火山灰および上総層群 Ku6C 火

- 山灰と中部九州の今市火砕流堆積物との対比—猪牟田カルデラから噴出した co-ignimbrite ash—. 地質学雑誌, vol. 100, p. 848–866.
- Kamemaru, A. (1996) Biostratigraphy of the Chiba Section of the Boso Peninsula toward Establishing the Lower-Middle Pleistocene Boundary Stratotype Based on benthic foraminiferal evidence. *Proceedings on the Research of Stratotype for the Lower -Middle Pleistocene Boundary, Internal Research Group for the Lower-Middle, Middle-Upper Pleistocene Boundary, Japan Association for Quaternary Research*, p. 46–54.
- Kameo, K., Okada, M., El-Masry, M., Hisamitsu, T., Saito, S., Nakazato, H., Ohkouchi, N., Ikehara, M., Yasuda, H., Kitazato, H. and Taira, A. (2006) Age model, physical properties and paleoceanographic implications of the middle Pleistocene core sediments in the Choshi area, central Japan. *Island Arc*, vol. 15, p. 366–377.
- 関東地方土木地質図編纂委員会 (1996) 関東地方土木地質図. (財) 国土開発技術センター, 768 p.
- 関東天然瓦斯開発株式会社 (1980) 9.1.7 茂原, 栗山川, 市原ガス田 (中里, 片貝試験). 天然ガス鉱業会編 水溶性天然ガス総覧, p. 254–260.
- 鹿島 薫 (1982) 小櫃川流域と養老川流域の更新世末期以降の地形発達史. 地理学評論, vol. 55, p. 113–129.
- 加藤茂弘・兵頭政幸・竹下欣宏・檀原 徹・岩野英樹・坂田周平・平田岳史 (2014) 上総層群白尾テフラと古期御岳テフラ YUT5 の対比と YUT5 の LA-ICP-MS 法による FT 年代および U-Pb 年代. 日本第四紀学会講演要旨集, vol. 44, p. 38.
- 加藤照之・津村建四朗 (1979) 潮位記録から推定される日本の垂直地殻変動 (1951～1978). 地震研究所彙報, vol. 54, p. 559–628.
- Katsura, Y. (1984) Depositional environments of the Plio-Pleistocene Kazusa Group, Boso Peninsula, Japan. *Sci. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba, Sec. B, Geol. Sci.*, vol. 5, p. 69–104.
- 河井興三 (1952) 茂原ガス田西方周辺地域 (茂原一舞地域) の地質および天然ガス. 石油技術協会誌, vol. 17, p. 1–21.
- 河井興三 (1961) 南関東ガス田地帯についての鉱床地質学的研究. 石油技術協会誌, vol. 26, p. 212–266.
- 河井興三・内尾高保・上野道文・保月光五郎 (1950) 千葉県大多喜町付近の天然ガス. 石油技術協会誌, vol. 15, p. 151–219.
- 風間俊人 (2013) 長生地方の縄文海進と貝塚. 長南町郷土資料館講座資料.
- 風岡 修・佐藤光男・風戸孝之・楠田 隆・早川 実・笠原 豊・古野邦雄・原 雄・香村一夫・佐藤賢司・楡井 久 (2004) 砂鉄採取跡地の液状化—流動化による地波形成部分の地質状態—1987年千葉県東方沖地震時の九十九里平野での地質環境調査結果—. 第14回環境地質学シンポジウム論文集, p. 395–400.
- 風岡 修・佐藤光男・風戸孝之・早川 実・楠田 隆・笠原 豊・古野邦雄・香村一夫・原 雄・佐藤賢司・楡井 久 (2005) サンドポンプ工法による埋立地内での液状化強度の違い—東浪見の砂鉄採取跡地の例—. 第15回環境地質学シンポジウム論文集, 地質汚染—医療地質—社会地質学会, p. 277–282.
- 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調査から—. 第16回環境地質学シンポジウム論文集, p. 169–174.
- 風岡 修・佐藤光男・室井 純・吉田 剛・古野邦雄・楠田 隆・香川 淳・酒井 豊・片山浩明・土屋隆彦・原 雄・香村一夫・佐藤賢司・楡井 久 (2009) 沿岸メガリッブル砂体が影響? 砂丘内陸側斜面下部における液状化—流動化現象—1987年千葉県東方沖地震時の房総半島九十九里平野白子町での例—. 第19回環境地質学シンポジウム論文集, 地質汚染—医療地質—社会地質学会, p. 169–174.
- 吉川清志・水野清秀・杉山雄一 (1991) 関東～九州における前～中期更新世テフラの広域対比. 月刊地球, vol. 13, p. 228–234.
- 菊地隆男 (2001) 房総半島の地形から読む中・後期更新世の海水準とテクトニクス. 第四紀研究, vol. 40, p. 267–274.
- 菊池良樹・富沢昭文 (1964) 底生有孔虫による地層の分帯—上総層群を例にとった地層区分の方法—. 石油技術協会誌, vol. 29, p. 256–261.
- 金原均二・大山 桂・小野 暎・伊田一善・木島公司・石和田靖章・品田芳二郎・牧野登喜男・三梨 昂・安国 昇 (1949) 千葉県茂原町付近の天然ガス. 石油技術協会誌, vol. 14, p. 245–274.
- 衣笠善博・垣見俊弘・平山次郎 (1969) 房総半島東海岸の小断層. 地調月報, vol. 20, p. 13–38.
- 木谷幹一 (2002) 古琵琶湖層群堅田累層から「アカガシ亜属花粉多産層準」の発見. 第四紀, no. 34, p. 33–38.
- 巨智部忠承 (1887) 20万分の1地質図幅「千葉」ならびに同説明書. 地質調査所.
- 巨智部忠承 (1888) 20万分の1地質図幅「上総」ならびに同説明書. 地質調査所.
- 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, p. 71–98.
- 国土地理院 (1985) 1:25,000 土地条件図「茂原」. 国土地理院.
- 国土地理院 (1987) 土地条件調査報告書 (東金・茂原地区). 国土地理院技術資料 D・2, no. 40, 73 p.
- 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. 14 p. <http://cais.gsi.go.jp/cmcd/center/katoutsumura2015d.pdf>, (2015/09/01).
- 小松原 琢 (2014) 房総半島・久留里～大多喜間の上総層群上部の予察地質図. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 44, p. 135–135.
- 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, vol. 67, p. 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, vol. 38, p. 313–326.
- 町田 洋 (1971) 南関東のテフロクロノロジー—1—下末吉期

- 以降のテフラの起源および層序と年代について. 第四紀研究, vol. 10, p. 1-20.
- 町田 洋・新井房夫 (1976) 広域に分布する火山灰—始良 Tn 火山灰の発見とその意義. 科学, vol. 46, p. 339-347.
- 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, vol. 17, p. 143-163.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス—日本列島とその周辺—. 東京大学出版会, 276 p.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺—. 東京大学出版会, 336 p.
- 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—. 第四紀研究, vol. 19, p. 233-261.
- 町田 洋・森脇 広・杉原重夫 (1981) 放射化分析による広域テフラの同定. 武蔵工業大学原子炉等共同利用研究成果報告書, no. 6, p. 79-83.
- 横山次郎 (1930) 関東南部の洪積層. 小川博士暦還祝賀地学論叢, p. 307-382.
- 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—. 神奈川県立博物館報告, no. 15, p. 37-109.
- 増田富士雄・中里裕臣 (1988) 堆積層からみた鹿島—房総隆起帯の運動像. 月刊地球, vol. 10, p. 616-623.
- 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, vol. 110, p. 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, vol. 40, p. 223-233.
- 三野浩一郎・山路 敦 (1999) 複数の応力状態を経験した地域における小断層解析: 房総半島の更新統を例として. 地質学雑誌, vol. 105, p. 574-584.
- 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, vol. 68, p. 111-123.
- 三土知芳 (1933a) 両総地方における鮮新・更新両統の境界について. 地質学雑誌, vol. 40, p. 400-401.
- 三土知芳 (1933b) 両総地方の更新統に就いて (演旨). 地質学雑誌, vol. 40, p. 794-796.
- 三土知芳 (1937) 7万5千分の1地質図幅「茂原」. 地質調査所.
- 三梨 昂 (1954) 房総半島鬼泪山南部の地質. 地質学雑誌, vol. 60, p. 461-472.
- 三梨 昂 (1973) 南関東・新潟地区における中新世から洪積世にいたる堆積盆地の変遷. 地球科学, vol. 27, p. 48-65.
- 三梨 昂・安国 昇 (1949) 千葉県茂原町付近の天然ガス. 石油技術協会誌, vol. 14, p. 245-274.
- 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, vol. 10, p. 83-98.
- 三梨 昂・矢崎清貫・影山邦夫・島田忠夫・小野 暎・安国 昇・牧野登喜男・品田芳二郎・藤原清九・鎌田清吉 (1961) 日本油田・ガス田図4 富津—大多喜 (1:50,000). 地質調査所.
- 三梨 昂・菊地隆男・鈴木尉元・平山次郎・中嶋輝允・岡 重文・小玉喜三郎・堀口万吉・桂島 茂・宮下美智夫・矢崎清貫・景山邦夫・奈須紀幸・加賀美英雄・本座栄一・木村政昭・楡井 久・樋口茂生・原 雄・古野邦雄・遠藤 毅・川島真一・青木 滋 (1979) 東京湾とその周辺地域の地質特殊地質図 (20) 10万分の1地質図および同地質説明書, 91 p.
- 水野清秀・納谷友規 (2011) 広域テフラ対比と海成層層準の認定に基づく関東平野のボーリングコアの対比. 平成22年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 地質調査総合センター速報, no. 56, p. 121-132.
- 水野清秀・山崎晴雄・下川浩一・吉川清志 (1989) 大分市南部地域における前・中期更新世の断層活動. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 19, p. 38-39.
- もばら風土記編集委員会編 (1991) 茂原地方の地層. 写真で見えるもばら風土記シリーズ6, 茂原市教育委員会, 31 p.
- 茂原市史編さん委員会 (1966) 茂原市史. 茂原市, 943 p.
- 茂原市教育委員会生涯学習課編 (2012) 広報もばら「文化財」特集ふるさとの文化財第二集. 茂原市教育委員会, 97 p.
- 森脇 広 (1977) 九十九里浜平野南部の地形発達史. 日本地理学会予稿集, vol. 12, p. 56-57.
- 森脇 広 (1979) 九十九里平野の地形発達史. 第四紀研究, vol. 18, p. 1-16.
- 陸沢村史編さん委員会 (1977) 陸沢村史. 陸沢村, 1402 p.
- 長柄町福祉センター (1998) ながら温泉. <http://spa-tokyo.net/z-c-nagara/index.html>, (2015/8/1).
- 中川久夫・新妻信明・早坂 功 (1969) 房総半島新生代地磁気編年. 地質学雑誌, vol. 75, p. 267-280.
- 中川 毅・水月湖 2006年コアプロジェクトメンバー同 (2013) 水月湖クロノロジーに基づいた, いくつかの広域テフラの精密な年代決定. 第四紀学会講演要旨, no. 43, p. 132-133.
- 中嶋輝允 (1973) 房総半島にみられる堆積サイクルとフリッシュ型砂泥互層. 海洋科学, vol. 5, p. 408-413.
- 中嶋輝允 (1978) 房総半島におけるフリッシュ堆積物の堆積環境—黄和田層, 黒滝層, 安野層のフリッシュ相と縁辺相の関係を中心に—. 地質学雑誌, vol. 84, p. 645-660.
- 中嶋輝允・渡辺真人 (2005) 富津地域の地質. 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, 102 p.
- 中村一夫・福田 理 (1953) 常総台地の地形及び地質 (演旨). 地質学雑誌, vol. 59, p. 319.
- Nakamura, K., Renard, V., Angelier, J., Azema, J., Bourgois, J., Deplus, C., Fujioka, K., Hamano, Y., Huchon, P., Kinoshita, H., Labaume, P., Ogawa, Y., Seno, T., Takeuchi, A., Tanahashi, M., Uchiyama, A. and Vignerresse, J.-L. (1987) Oblique and near collision subduction, Sagami and Suruga Troughs: Preliminary results of the French-Japanese 1984 Kaiko cruise, Leg 2. *Earth*

- and *Planetary Science Letters*, vol. 83, p. 229–242.
- 中野尊正 (1956) 日本の平野. 古今書院, 320 p.
- 中里裕臣・中澤 努 (2008) 犬吠層群倉橋層 Kh6b テフラの分布と給源. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 38, p. 8–9.
- 中里裕臣・七山 太 (2012) 古琵琶湖層群雄琴仰木火山灰層と上総層群 Ks7.03 の対比. 日本地質学会第 119 年学術大会講演要旨, p. 106.
- 中里裕臣・佐藤弘幸 (2001) 下総層群の年代と“鹿島”隆起帯の運動. 第四紀研究, vol. 40, p. 251–257.
- 中里裕臣・佐藤弘幸 (2010) 上総層群 Ks5 テフラの酸素同位体層序における層位. 日本第四紀学会講演要旨集, vol. 40, p. 52–53.
- 中里裕臣・佐藤弘幸・奥田昌明・銚子コア研究グループ (2003) 千葉県北東部犬吠層群 250 m コアのテフラ層序. 日本地質学会第 110 年学術大会講演要旨, p. 3.
- 中澤 努・中里裕臣・大嶋秀明・堀内誠示 (2009) 関東平野中央部における上総—下総層群境界: 越谷 GS-KS-1 コアでの MIS12 層準の特定. 地質学雑誌, vol. 115, p. 49–63.
- 行谷祐一・佐竹健治・宍倉正展 (2011) 南関東沿岸の地殻上下変動から推定した 1703 年元禄関東地震と 1923 年大正関東地震の断層モデル. 活断層・古地震研究報告, no. 11, p. 107–20.
- 奈良正和 (1998a) 中部更新統金剛地層の堆積環境とシーケンス層序学的解析. 地学雑誌, vol. 107, p. 77–91.
- 奈良正和 (1998b) 中部更新統金剛地層市野々砂泥互層に見られる *Rosselia socialis* 密集層と海水準ダイナミクス. 化石, vol. 64, p. 49–53.
- 成瀬 洋 (1959) 古東京湾の形成について—南関東上部新生界の地史学的研究 (1)—. 第四紀研究, vol. 1, p. 143–155.
- 成瀬 洋 (1973) 上総層群泥質岩中の軟体動物化石. 東北大学理科報告 (地質学) 特別号, no. 6, p. 59–67.
- 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, p. 59–66.
- Niitsuma, N. (1971) Detailed study of the sediments recording the Matuyama-Brunhes geomagnetic reversal. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 2*, vol. 43, p. 1–39.
- 新妻信明 (1976) 房総半島における古地磁気層序学. 地質学雑誌, vol. 82, p. 163–181.
- 新妻信明・藤井 昇 (1984) 地球磁場逆転にともなう環境および生物量変化の解析. 静岡大学地球科学研究報告, vol. 10, p. 123–132.
- 楡井 久 (1988) 関東前面弧盆地—関東地下水盆の形成史—. アーバンクボタ, no. 27, p. 36–45.
- 楡井 久・樋口茂生・矢田恒晴・石井 皓・古野邦雄 (1976) 天然ガス生産にともなう上ガス被害と上ガス発生メカニズムについて. 千葉県公害研究所研究報告, vol. 6, p. 1–26.
- Nirei, H., Kusuda, T., Suzuki, K., Kamura, K., Furuno, K., Hara, Y., Satoh, K. and Kazaoka, O. (1990) The 1987 East off Chiba Prefecture Earthquake and its Hazard. *Mem., Geol. Soc. Japan*, no. 35, p. 31–46.
- Nishikawa, T. and Ito, M. (2000) Late Pleistocene barrier-island development reconstructed from genetic classification and timing of erosional surfaces, paleo-Tokyo Bay Japan. *Sed. Geol.*, vol. 137, p. 25–42.
- Nomura, S. (1932) Mollusca from the raised beach deposits of the Kwanto Region. *Sci. Rep., Tohoku Univ., 2nd Ser.*, vol. 15, p. 65–141, pl. X.
- 大網白里市 (2013) 大網白里市洪水ハザードマップ. [http://www.city.oamishirasato.lg.jp/cmsfiles/contents/0000003/3934/HM\\_KOUZUI\\_PDF.pdf](http://www.city.oamishirasato.lg.jp/cmsfiles/contents/0000003/3934/HM_KOUZUI_PDF.pdf), (2015/08/01).
- 尾田太良 (1975) 浮遊性有孔虫化石からみた房総半島上部新生界の古磁気記録の時代的解釈. 地質学雑誌, vol. 81, p. 645–647.
- Oda, M. (1977) Planktonic Foraminiferal biostratigraphy of the late Cenozoic sedimentary sequence, Central Honsyu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 2*, vol. 48, p. 1–76.
- 小笠原義勝 (1952) 関東東部における先史時代以降の地形発達史概報. 資源研彙報, no. 26, p. 82–90.
- 大炊御門経輝・池辺展生 (1934) 上総東金町および大網附近の貝化石層 (関東南部新生代化石群其の 1). 地球, vol. 22, p. 178–184.
- Okada, M. and Niitsuma, N. (1989) Detailed paleomagnetic records during the Brunhes-Matuyama geomagnetic reversal, and a direct determination of depth lag for magnetization in marine sediments. *Earth Planet. Inter.*, vol. 56, p. 133–150.
- 岡崎浩子・増田富士雄 (1992) 古東京湾地域の堆積システム. 地質学雑誌, vol. 98, p. 235–258.
- 岡崎 (熊代) 浩子・佐藤弘幸・中里裕臣 (1994) 上部更新統下総層群, 木下層と常総層・姉崎層の層序—その 1: 下総台地地域—. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告, vol. 3, p. 19–69.
- 岡崎浩子・佐藤弘幸・中里裕臣 (2001) 更新統下総層群の形成ダイナミクス. 第四紀研究, vol. 40, p. 243–250.
- 大西郁夫 (1969) 房総半島・上総層群の花粉フロア. 地球科学, vol. 23, p. 236–243.
- 温泉ナビ (2015) 白子温泉. [http://www.onsen-navi.net/onsehistory/2008/08/post\\_390.html](http://www.onsen-navi.net/onsehistory/2008/08/post_390.html), (2015/08/01).
- 大塚彌之助・望月勝海 (1932) 地形発達史. 岩波講座 地理学, 岩波書店, 49 p.
- 大山 桂 (1951) 本邦新生代の多歯類の分類試案. 鉱物と地質, vol. 4, p. 146–156, pl. 6.
- 大山 桂 (1952) 茂原・鶴舞間の長南・笠森累層の貝化石群集. 石油技術協会誌, vol. 17, p. 55–59.
- Pickering, K. T., Souter, C., Oba, T., Taira, A., Schaaf, M. and Platzman, E. (1999) Glacio-eustatic control on deep-marine clastic forearc sedimentation, Pliocene-mid-Pleistocene (c. 1180–600 ka) Kazusa Groupe, SE Japan. *Jour. Geol. Soc., London*, vol. 256, p. 125–136.
- 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・放射虫化石層序—. 宇都宮大学教養部研究報告 第 2 部, no. 23, p. 1–34.
- 坂倉勝彦 (1935a) 千葉県小櫃川流域の層序, 其の 1. 地質学

- 雑誌, vol. 42, p. 685–712.
- 坂倉勝彦 (1935b) 千葉県小櫃川流域の層序, 其の2. 地質学雑誌, vol. 42, p. 753–784.
- 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, p. 81–90.
- 佐藤香織 (2000) 房総半島中部金剛地付近の中・上部更新統. 地球科学, vol. 54, p. 13–22.
- 佐藤時幸・高山俊昭 (1988) 石灰質ナンノプランクトンによる第四系化生帯区分. 地質学論集, no. 30, p. 205–217.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗 (1987) 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序—その1: 新潟地域—. 石油技術協会誌, vol. 52, p. 231–242.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗 (1988a) 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質の微化石層序—その3: 秋田地域および男鹿半島—. 石油技術協会誌, vol. 53, p. 199–212.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗・亀尾浩司 (1988b) 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序, その4: 総括—太平洋側および鮮新統/更新統境界の模式地との対比. 石油技術協会誌, vol. 53, p. 475–491.
- 里口保文 (1995) 上総層群中・下部の火山灰層序. 地質学雑誌, vol. 101, p. 767–782.
- Satoguchi, Y. (1996) Tephrostratigraphy of Quaternary System in the Boso Peninsula, Japan. *Proceedings on the Research of Stratotype for the Lower-Middle Pleistocene Boundary, Internal Research Group for the Lower-Middle, Middle-Upper Pleistocene Boundary*, Japan Association for Quaternary Research, p. 24–35.
- 里口保文・服部 昇 (2008) 中部更新統古琵琶湖層群上部と上総層群上部の火山灰層の対比. 第四紀研究, vol. 47, p. 15–27.
- 清水潤三 (1954) 九十九里沿岸に於ける低地遺跡の研究 (予報). 史学, vol. 27, p. 81–88.
- 清水潤三 (1958) 千葉県栗山川沿岸溪谷における貝塚の地域的研究 (予報). 史学, vol. 31, p. 193–230.
- 品田芳二郎・牧 真一・高田康秀・大森えい (1951) 千葉県国吉町付近かん水沃度調査. 石油技術協会誌, vol. 16, p. 312–326.
- 白井正明 (2001) 日本海東部で見出された更新世中期のテフラ. 月刊地球, vol. 23, p. 600–604.
- 白井常之・楡井 久 (1975) 千葉県長南町岩川における沖積層の絶対年代と産出化石. 千葉県公害研究所研究報告, vol. 3, p. 103–109.
- 宍倉正展 (2001) 完新世最高汀線高度分布からみた房総半島の地殻変動. 活断層・古地震研究報告, no. 1, p. 273–285.
- Shshikura, M. (2014) History of the paleo-earthquakes along the Sagami Trough, central Japan—Review of coastal paleoseismological studies in the Kanto region—. *Episodes*, vol. 37, p. 246–257.
- 宍倉正展・宮内崇裕 (2001) 房総半島における完新世低地の形成とサイモテクトニクス. 第四紀研究, vol. 40, p. 235–242.
- 宍倉正展・藤原 治・行谷佑一・田村 亨 (2014) 房総半島沿岸における古地震調査. 巨大地震による複合的地質災害に関する調査・研究報告. 産総研地質調査総合センター速報, no. 67, p. 21–38.
- 小断層解析グループ (1973) 房総半島大多喜付近の小断層系. 地球科学, vol. 27, p. 180–187.
- 菅沼悠介・鈴木毅彦・山崎晴雄・菊地隆男 (2003) 長野県南部, 伊那層群のテフラとその対比. 第四紀研究, vol. 42, p. 321–334.
- Suganuma, Y., Okada, M., Horie, K., Kaiden, H., Takehara, M., Senda, R., Kimura, J., Kawamura, K., Haneda, Y., Kazaoka, O. and Head, M.J. (2015) Age of Matuyama—Brunhes boundary constrained by U-Pb zircon dating of a widespread tephra. *Geology*, vol. 43, p. 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, vol. 43, p. 703–718.
- 杉原重夫・細野 衛 (1974) 下総台地・千葉—木更津地域の地形と地質. ベドロジスト懇談会 "房総の自然と土壌", p. 37–42.
- 杉原重夫・新井房夫・町田 洋 (1978a) 房総半島北部の中・上部更新統のテフロクロノロジー. 地質学雑誌, vol. 84, p. 583–600.
- 杉原重夫・吉村光敏・細野 衛・森脇 広 (1978b) 房総半島南部の後期更新世テフラ層と海岸段丘について. 第四紀研究, vol. 16, p. 255–262.
- 杉原重夫・加藤 哲・新井房夫 (1991) 上総層群梅ヶ瀬層中の指標テフラの岩石記載の特性と下部更新統の対比・編年の試み. 月刊地球, vol. 13, p. 240–248.
- 砂村継夫・岡崎清市 (1993) 西暦2100年における九十九里海岸の汀線位置に関する予測. 日本列島における海岸環境の変遷. 文部科学省研究費補助金 (総合研究 A) (研究課題番号 02302091) 研究成果報告書 (平成2・3・4年度), p. 298–309.
- 鈴木正男・杉原重夫 (1983) フィッション・トラック年代からみた上総層群の鮮新/更新世境界. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 13, p. 69–70.
- 鈴木毅彦 (2000) 飛騨山脈貝塩給源火道起源の貝塩上宝テフラを用いた中期更新世前半の地形面編年. 地理学評論, vol. 73A, p. 1–25.
- 鈴木毅彦 (2004) 関東平野南部の上総層群にテフラを供給した給源火山の推定とその第四紀前半の爆発的噴火活動. 日本第四紀学会講演要旨集, no. 34, p. 30–31.
- 鈴木毅彦・藤原 治・壇原 徹 (1998) 関東・中部地方に分布する第四紀テフラのフィッション・トラック年代. 地学雑誌, vol. 107, p. 348–367.
- 鈴木毅彦・Eden, D.・壇原 徹・藤原 治 (2001) 東北日本の大規模火砕流は広域テフラを生産したか?. 月刊地球, vol. 23, p. 610–613.
- Suzuki, T., Eden, D., Danhara, T. and Fujiwara, O. (2005) Correlation of the Hakkoda-Kokumoto Tephra, a widespread Middle Pleistocene tephra erupted from the Hakkoda Caldera,

- northeast Japan. *Island Arc*, vol. 14, p. 666–678.
- 鈴木毅彦・藤原 治・壇原 徹 (1998) 関東・中部地方に分布する第四紀テフラのフィッシュン・トラック年代. 地学雑誌, vol. 107, p. 348–367.
- 鈴木 敏 (1887) 20 万分の 1 地質図幅「横浜」ならびに同説明書. 地質調査所.
- 高橋正樹・ジェンキンスロバート・柴田知則・野崎 篤・宇都宮正志・齋藤 猛・佐藤 圭・和田秀樹・伊左治鎮司・間嶋隆一 (2011) 千葉県茂原市国府関に分布する更新統上総層群笠森層から産出した世界で一番若い化学合成化石群集 (0.57Ma). 日本地球惑星科学連合大会講演要旨, BPT023–P02.
- 竹下欣宏・三宅康幸・酒井潤一 (2005) 古期御岳火山起源の中期更新世テフラと房総半島上総層群中のテフラとの対比. 地質学雑誌, vol. 111, p. 417–433.
- Takeshita, Y., Matsushima, N., Teradaira, H., Uchiyama, T. and Kumai, H. (2015) A marker tephra bed close to the Lower-Middle Pleistocene boundary: Distribution of the Ontake-Byakubi Tephra Bed in central Japan. *Quaternary International*, doi:10.1016/j.quaint.2015.03.054.
- 竹内 仁・藤良太郎・三村信男・今村文彦・佐竹健治・都司嘉宣・宝地兼次・松浦健郎 (2007) 延宝房総沖地震津波の千葉県沿岸～福島県沿岸での痕跡高調査. 歴史地震, no. 22, p. 53–59.
- Tamura, T., Masuda, F., Sakai, T., Fujiwara, O. (2003) Temporal development of prograding beach—shoreface deposits: the Holocene of Kujukuri coastal plain, eastern Japan. *Mar. Geol.*, vol. 198, p. 191–207.
- 田村 亨・村上文敏・渡辺和明 (2007) 九十九里浜平野における相対海面変動の空間多様性—地中レーダーを用いた復元—. 地学雑誌, vol. 116, p. 664–672.
- Tamura, T., Nanayama, F., Saito, Y., Murakami, F., Nakashima, R. and Watanabe, K. (2007) Intra-shoreface erosion in response to rapid sea-level fall: depositional record of a tectonically uplifted strand plain, Pacific coast of Japan. *Sedimentology*, vol. 54, p. 1149–1162.
- Tamura, T., Murakami, F., Nanayama, F., Watanabe, K. and Saito, Y. (2008) Ground- penetrating radar profiles of Holocene raised-beach deposits in the Kujukuri strand plain, Pacific coast of eastern Japan. *Mar. Geol.*, vol. 248, p. 11–27.
- Tamura, T., Murakami, F. and Watanabe, K. (2010) Holocene beach deposits for assessing coastal uplift of the northeastern Boso Peninsula, Pacific coast of Japan. *Quaternary Research*, vol. 74, p. 227–234.
- 田崎義行 (1992) 茂原ガス田の産出挙動と毛細管圧力の関係について. 石油技術協会誌, vol. 57, p. 151–156.
- 東京大学地震研究所 (編) (1982) 新収日本地震史料第二巻. 東京大学地震研究所, 575 p.
- 東京港地下地質研究会火山灰グループ (2000) 東京港地下のテフラとその対比. 地研専報, no. 47, p. 23–30.
- 徳橋秀一・遠藤秀典 (1983) 千葉県「姉崎」地域の笠森層及び金剛地層—特に上総層群と下総層群の間の不整合問題に  
関連して—. 地調月報, vol. 34, p. 59–80.
- 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 図幅), 地質図および同説明書, 地質調査所, 136 p.
- 徳橋秀一・近藤康生 (1989) 下総層群の堆積サイクルと堆積環境に関する一考察. 地質学雑誌, vol. 95, p. 933–951.
- 徳橋秀一・檀原 徹・遠藤秀典・磯田邦俊・西村 進 (1983) フィッシュン・トラック法を用いた若い年代測定の試みと問題点—房総半島上総・下総両総群の火山灰層を対象として—. 地調月報, vol. 34, p. 241–269.
- 辻 隆司・宮田雄一郎・岡田 誠・三田 勲・中川 洋・佐藤由理・中水 勝 (2005) 房総半島に分布する下部更新統上総層群大田代層と梅ヶ瀬層の高精度堆積年代—石油公団研究井 TR-3 コアの酸素同位体比・古地磁気・石灰質ナンノ化石に基づく年代層序—. 地質学雑誌, vol. 111, p. 1–20.
- 都司嘉宣 (1994) 歴史上に発生した津波地震. 月刊地球, vol. 176, p. 73–85.
- 都司嘉宣 (2003) 元禄地震 (1703) とその津波による千葉県内各集落での詳細被害分布. 歴史地震, no. 19, p. 8–16.
- 内尾高保 (1952) 千葉県茂原町西方の天然ガス地質. 石油技術協会誌, vol. 17, p. 22–37.
- 宇多高明 (1989) 九十九里海岸における過去 6000 年間の海浜形成と近年の海浜変形との関係. 地形, vol. 10, p. 343–355.
- 宇多高明・高田 修・星上幸良・芹沢真澄・三波俊郎・古池 鋼 (2000) 九十九里海岸における地質年代スケールの沿岸漂砂量の推定. 海岸工学論文集, vol. 47, p. 686–690.
- 宇多高明・古池 鋼・三波俊郎・芹沢真澄 (2009) 海食崖に続く堆積性弧状海岸線の形成とその変形予測. 地形, vol. 30, p. 331–348.
- 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), vol. 67, p. 1105–1110.
- 植田房雄 (1930) 房総半島北部の地質 (摘要). 地質学雑誌, vol. 37, p. 250–253.
- 植田房雄 (1933) 房総・三浦両半島に発達する新生代層の層序. 地質学雑誌, vol. 40, p. 799–801.
- 氏原 温 (1986) 鮮新—更新統上総層群産浮遊性貝類群集と古水温変遷. 地質学雑誌, vol. 92, p. 639–651.
- 宇佐美龍夫 (1975) 資料日本被害地震総覧. 東京大学出版会, 327 p.
- 宇佐美龍夫 (2003) 最新版日本被害地震総覧. 東京大学出版会, 724 p.
- 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, 724 p.
- 和氣典典・内田英一・三田 勲・壇原 徹 (1999) 茂原ガス田火砕鍵層のコア分析結果について. 石油技術協会春季講演会要旨集, p. 68.
- 渡辺真人・檀原 徹 (1996) 房総半島上総層群のフィッシュン・トラック年代. 地質学雑誌, vol. 102, p. 545–556.

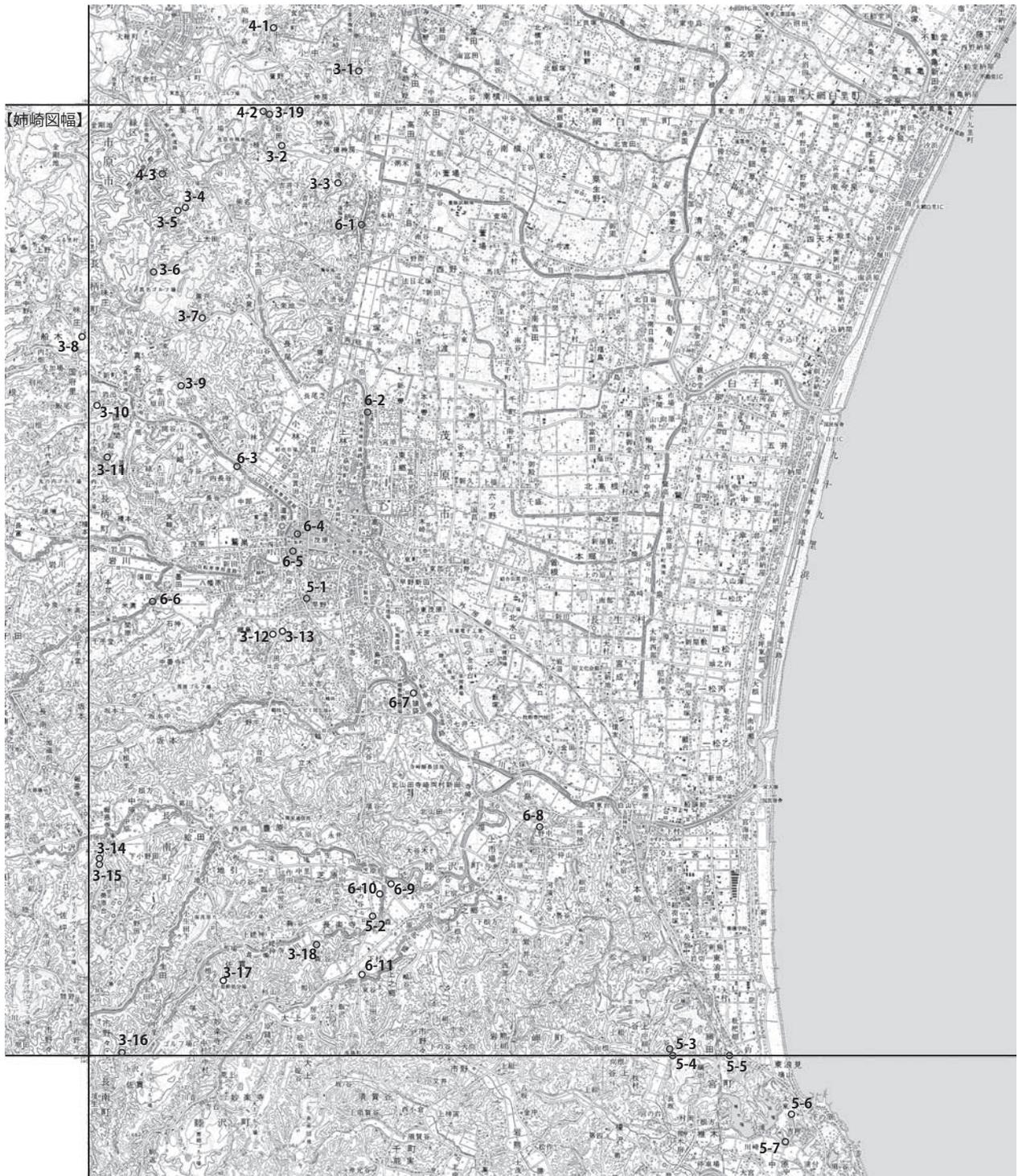
Yamaji, A. (2000) The multiple inverse method applied to meso-scale faults in mid-Quaternary fore-arc sediments near the triple trench junction off central Japan. *Journal of Structural Geology*, vol. 22, p. 429 – 440.

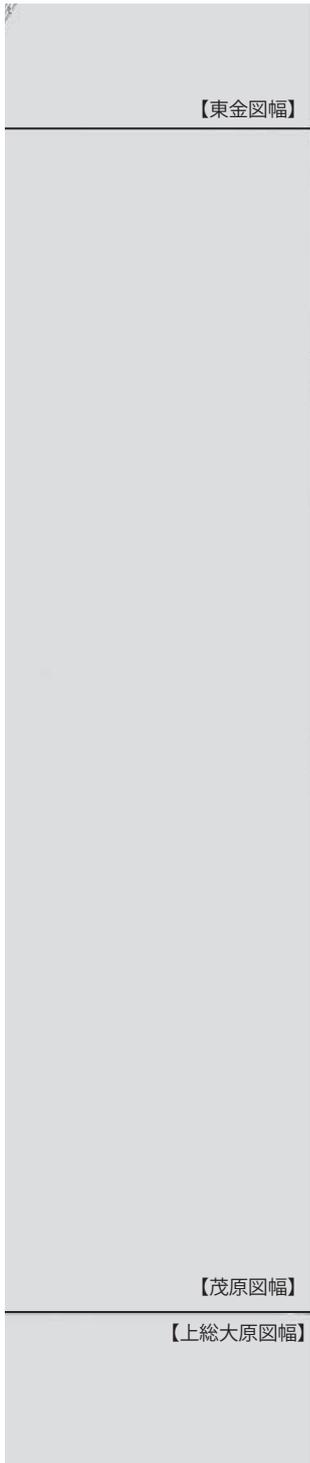
柳澤英明・後藤和久・鈴木慶太・金丸絹代・菅原大助・柳澤緋奈子・橋本康平・岩本直哉・高森良文 (2014) 日本海溝沿いで発生した津波地震の規模推定—1677年延宝房総沖地震津波の再評価—. 日本地球惑星科学連合 2014 年大会講

演要旨, MIS23 – 14.

吉田 剛・風岡 修・竹内美緒・楠田隆・古野邦雄・香川 淳・酒井 豊 (2012) 千葉県九十九里浜の天然ガス (上ガス) の湧出する潮溜まりの白濁現象. *地質学雑誌*, vol. 118, p. 172 – 183.

吉川周作・吉田史郎・須川英司 (1991) 東海層群の火山灰層とその対比. *地球科学*, vol. 45, p. 453 – 467.





付図 化石の産地露頭位置図  
第3章及び第4章の化石産地の位置，第5章及び第6章の露頭位置を示した。国土地理院  
刊行の数値地図50000（地図画像）「茨城・千葉」を使用。

## Geology of the Mobara District

By

Futoshi NANAYAMA\*, Hiroomi NAKAZATO\*\*,  
Shinzo OOI\*\*\* and Rei NAKASHIMA\*

(Written in 2015)

### (ABSTRACT)

Between 2010 and 2015, geological and geomorphological studies of the Quadrangle Series (1:50,000 scale) of the Mobara district were performed by the Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST). The Mobara district, including the Pacific Ocean to the east, is located in the northeastern part of the Boso Peninsula and covers an area spanning 35° 20' 11.8" N to 35° 30' 11.8" N and 140° 14' 48.2" E to 140° 29' 48.1" E. Its land area is geomorphologically divided into hills, uplands, alluvial lowlands, and coastal plains. The hills in the southwestern to western region of the district constitute a part of the Kazusa Hills, and the uplands occupying the northwestern region of the district comprise a part of the Shimosa Uplands. The alluvial lowlands are distributed along the Ichinomiya and Habu Rivers. The Mobara Lowland, which is in the southern region of the Kujukuri coastal plain, consists of sandy beach ridges.

In the Mobara district, two major stratigraphic units are recognized: the Lower to Middle Pleistocene Kazusa Group, which trends northeast to southwest and dips northwest, and the Middle to Upper Pleistocene Shimosa Group, which overlies the Kazusa Group. Furthermore, the Upper Pleistocene terrace deposits with Kanto Loam are mostly distributed along the Ichinomiya, Habu, and Murata Rivers. Alluvium is distributed along the lowlands of the Ichinomiya River, Habu River, and Mobar Lowland.

### KAZUSA GROUP

The Kazusa Group is widely exposed in the Kazusa Hills in the middle to northern part of the Boso Peninsula and is composed mainly of hemipelagic deposits of alternating sand and mudstone together with subordinate shallow-water sandy deposits. This group in the eastern part of the peninsula, which is more than 3,000 m thick, is divided into the Kurotaki, Katsuura, Namihana, Ohara, Kiwada, Otadai, Umegase, Kokumoto, Kakinokidai, Chonan, Kasamori, and Kongochi Formations in ascending order. The sedimentary environment of the group ranges from the lower to upper bathyal and to the inner shelf.

In the Mobara district, the middle to upper parts of the Kazusa Group (the Otadai, Umegase, Kokumoto, Kakinokidai, Chonan, Kasamori, and Kongochi Formations) are exposed.

**Otadai Formation** (more than 95 m in thickness): This formation is lithologically characterized by the repetition of sand- and mud-rich alternations, which are partially associated with slump beds. O1 to O5 tephra horizons are exposed.

**Umegase Formation** (310 m in thickness): This formation consists mainly of sand-dominated alternations. The alternation bed is composed of layers of mud (several centimeters to 1 m thick) and medium- to fine-grained sand (several tens of centimeters to 1 m thick). U1 to U12 tephra layers are intercalated in this formation.

**Kokumoto Formation** (220 m in thickness): This formation consists of massive sandy mudstone in the lowermost part, sand-dominated alternations in the lower part, massive sandy mudstone in the middle part, and sand-dominated alternations in the upper part. Ku2.3 Byakubi (Byk) tephra in the middle part shows the Brunhes–Matuyama (B/M) boundary. Ku1 to Ku6 tephra layers exist in this formation.

**Kakinokidai Formation** (70 m in thickness): This formation is composed mainly of massive sandy mudstone. Indistinct stratification is observed in the upper part of this formation. This formation becomes coarser upward and finer eastward. Ka1, Ka2, and Ka2.4 tephra

---

\* Institute of Geology and Geoinformation

\*\* National Agriculture and Food Research Organization (visiting researcher: Fy2010-Fy2014)

\*\*\* Institute of Geology and Geoinformation, visiting researcher (former staff of Geospatial Information Authority of Japan)

layers exist in this formation.

**Chonan Formation** (50 m in thickness): This formation consists of massive fine- to medium-grained mudstone in the lower part, mud-rich alternations in the middle part, and sand-rich alternations with numerous slumped beds in the upper part. Ch1 to Ch3 tephra exists in this formation.

**Kasamori Formation** (300 m in thickness): The main part of this formation is composed of highly bioturbated deposits, such as sandy mudstone and muddy sandstone. Ks5 to Ks23.5 tephra exists in this formation. The Kouri Sand Member (50 to 90 m in thickness) between Ks7.5 and Ks8.4 tephra is intercalated in the upper part of this formation.

**Kogochi Formation** (40 to 60 m in thickness): This formation is characterized by well-sorted finer-grained massive sand in the lower part and coarse-grained sand with small gravel in the upper part. Thin alternations of sand and mud are intercalated in the lowermost and upper parts. The uppermost part of this formation contains numerous trace fossils, such as *Macaronichnus segregatis*.

## SHIMOSA GROUP

The Shimosa Group covers the Kazusa Group and is exposed in the northwestern part of the Mobara district. In this district, the Shimosa Group is divided into three formations: the Jizodo, Kioroshi, and Anesaki Formations in ascending order.

**Jizodo Formation** (1 to 8 m in thickness): Muddy deposits in the lower part of this formation are exposed in the Mobara district and contain peat, fossilized plant roots, and sand pipes. J1 tephra is intercalated in this formation.

**Kioroshi Formation** (5 to 15 m in thickness): This formation is a shallow marine deposit formed during MIS 5.5 and is composed primarily of medium- to fine-grained sands. This formation is unconformable with the underlying formations but is conformably covered by the upper part of the Shimosueyoshi Loam above the Hk-KIP tephra group. The depositional surface of the formation has remained as a Kioroshi geomorphic surface.

**Anesaki Formation** (1 to 2 m in thickness): This formation is a fluvial deposit formed during MIS 5.3 and is made up of alternations of coarse-grained gravelly sands and muds. The formation covers the underlying Kioroshi Formation with an erosion surface. The depositional surface of the formation forms the Anesaki geomorphic surface.

**Joso Clay** (1 to 2 m in thickness): This clay is categorized as tuffaceous clay. It overlies the Kioroshi and Anesaki Formations and is recognized to have formed simultaneously with the Shimosueyoshi Loam.

## YOUNGER KANTO LOAM AND YOUNGER TERRACE DEPOSITS

The Younger Kanto Loam and younger terrace deposits in this study area are respectively defined as a combination of the Musashino and Tachikawa Loams and a combination of the terrace deposits, which are conformably covered by the Younger Kanto Loam.

**Ichihara II Terrace Deposits** (2 to 4 m in thickness): These deposits are composed of pebbly gravel beds, which are formed at the fluvial terraces. The deposits are covered by the Musashino and Tachikawa Loams.

**Nanso I Terrace Deposits** (1 to 5 m in thickness): These deposits are fluvial terrace deposits consisting of subrounded to subangular cobbles and are overlain by the Tachikawa Loam including Aira-Tanzawa tephra (AT).

**Yoshifu Terrace Deposits** (less than 10 m in thickness): These are marine terrace deposits formed during MIS 3. The lower part consists of muddy deposits with peaty silt and conglomerates, whereas the upper part is composed of muddy sand and fine- to medium-grained sand.

## ALLUVIUM (Chuseki-so)

Alluvium is distributed underground in strand plains, the Mobara Lowland, and the river lowlands in the hills. The alluvium is divided into estuary mud (20 to 30 m in thickness), shoreface–beach sand (<20 m in thickness), and lagoon–floodplain mud (<5 m in thickness) in ascending order. Radiocarbon ages show that estuary mud and shoreface–beach sand were deposited during a transgression stage (12,000 to 9,000 yrBP) and a highstand stage (7,000 to 5,000 yrBP), respectively. Furthermore, the radiocarbon age of the shoreface–beach sand decreased toward the sea; this means that the shoreface–beach sand prograded after a maximum highstand stage. The Mobara shell bed (8,000 to 7,000 yrBP) is intercalated in the upper part of the alluvium and contains approximately 80 species of gastropods and bivalves. Beach ridge, backmarsh, and valley fill deposits are widely distributed in the Mobara Lowland. Three groups of beach ridges can be recognized by their age and altitude data; the beach ridges become younger and lower toward the ocean. The surface of the alluvium in the river lowlands in the hills consists of intertidal muddy sand, including mollusks and peat.

## CRUSTAL MOVEMENT AND GEOLOGICAL STRUCTURE

From an active tectonic view, the Mobara district is regarded as a regional seismic uplifted area, but the current sinking trend of –2.5 mm is understood to be caused by fluctuations in interseismic movement. During the Holocene in the Boso Peninsula, the northwestward tilting movement is concordant with the downdip of the Shimosa and Kazusa Groups in the Mobara district. This relationship seems to have been affected by the same movement since the early Pleistocene. Moreover, it is proposed that the Kashima Boso uplift zone has

existed offshore the Kujukuri coast since the Quaternary or later. On the basis of the general attitude of the Kazusa and Shimosa Groups (0–5° northwest dipping and NW–SE trending), these groups display a monoclinic structure, and their dips tend to lessen from bottom to top. This structural feature might be attributed to the Quaternary cumulative crustal deformation.

Numerous vertical normal faults in the NNE–SSW direction have developed in the distribution areas of the Kazusa Group below the Kokumoto Formation. The normal faults usually show eastward dipping and are sometimes associated with west-dipping faults. The vertical displacement of the faults varies in length from a few meters to 100 m, and the east-dipping faults show displacements with magnitudes larger than those of the west-dipping faults.

## ECONOMIC GEOLOGY

Chiba Prefecture is well-known as the largest water-soluble natural gas field in Japan. Its recoverable reserves reach 3.685 trillion m<sup>3</sup>. In particular, the Mobara gas fields have favorable conditions for natural gas development because of their (1) large amount of reserves, (2) shallow depth of deposit, and (3) high gas-to-water ratio. Natural gas dissolved in the underground salt waters is contained in the sediments of the Kazusa Group and is utilized for town gas by drawing water up through wells. The depths of the wells range from 500 to 2,200 m. Iodine dissolved in the groundwater is retrieved and used as an industrial material.

Sands in the Kouri Sand Member of the Kasamori, Kokumoto, and Chonan Formations of the Kazusa Group are quarried at many locations to supply materials for construction and reclamation.

The Shirako hot spring is located on the Kujukuri coast. Its spring water is collected from a borehole with a depth of 2,000 m as an irrigation source. The obtained spring water is 29 °C and contains sodium chloride, a small amount of salt fountain, and substantial amounts of iodine.

In the Mobara Lowland, groundwater has been supplied for everyday purposes for a long time because of the good permeability of the beach ridge deposits and the high quality of the water. In the northwestern hills, the Kongochi Formation, which consists of sand, contains a lot of good groundwater and has been used for industrial and everyday purposes for a long time. In addition, the thick sand layers of the Chonan, Kokumoto, and Umegase Formations have a high potential for becoming a good aquifer.

Reservoirs of iron sand are often centered on the Kujukuri coast; many iron sand mines opened in the Meiji era and functioned intermittently until the 1960s.

## APPLIED GEOLOGY

The large land subsidence caused by natural gas irrigation in the Mobara district has become a major social problem in the Kujukuri Lowland. Significant subsidence of more than 10 cm/yr occurred from 1962–1980.

According to historical earthquake tsunami records of the Mobara district, three large earthquake events occurred in this region: the Enpo Boso-oki Earthquake (M8.0) on November 4, 1677; the Genroku Kanto Earthquake (M8.2) on December 31, 1703; and the Chiba Toho-oki Earthquake (M6.7) on December 4, 1987. In particular, in the case of the Genroku Kanto Earthquake (M8.2), major damage was caused by large tsunami waves with estimated heights of up to 5 m in the southern Kujukuri Lowland. As a result of this earthquake, more than 1,000 people died in the town of Shirako.

Among the different rivers flowing through the Mobara district, the Ichinomiya and Nabaki Rivers caused the flood disaster. The river water rushed across the Kujukuri Lowland and flowed eastward toward the Pacific Ocean. In the Ichinomiya River Basin, large floods have occurred at intervals of 50 years, generally because the slope of the river bed inclines gently at a gradient of almost 1/3,000. On September 22, 1996, Typhoon No. 17 caused a terrible flood disaster. On October 16, 2013, a wide area of the city of Mobara was flooded by Typhoon No. 26.

Along the Kujukuri coast, the sediment supply has been drastically reduced because the construction of large-scale harbor facilities has been promoted since the 1970s. In particular, the landscape of the Ichinomiya coast at the southern end of the Kujukuri coast in the Mobara district has been undermined during this coastal erosion.

Age	Stratigraphy	Column	Tephra Remarks	Facies		
Holocene	Alluvium (Chuseki-so) (< 60m)			Sand, mud and gravel		
Pleistocene	Late	Younger Terrace Deposits and Younger Kanoto Loam	AG	Tachikawa Loam	Sand, mud and gravel	
			AS4 AT			
			Hk-TP			Musashino Loam
			Hk-OP			
			On-Pm1 Hk-KIP			
	Shimoso Group	J1	Sand, mud and gravel Sand, mud and gravel Sand, mud and gravel Sand, mud and gravel Sand, mud and gravel J1 tephra			
	Middle	Kazusa Group	Kongochi Fm. (40-60m)		Sand and alternation of sand and mud	
			Kasamori Fm. (320m)	Ks5 Ks7.5AB Ks8.4 Ks10 Ks11 Ks12 Ks16 Ks18 Ks21 Ks22	Kouri Sand Member (50-90m)	Sand Ks7.5 to 8.4 tephra Highly bioturbated sandy mudstone and muddy sand Ks5 to 23.5 tephra
				Ch1 Ch2 Ch3	Mudstone, alternation of sand and mudstone and slump beds Ch0.9 to 3 tephra	
			Kakinokidai Fm. (70m)	Ka1 Ka2AB Ka2.4AB	Massive sandy mudstone Ka0.3 to 2.5 tephra	
Kokumoto Fm. (220m)			Ku1 Ku2 Ku3 Ku5A Ku6C	Sand, mudstone and alternation of sand and mudstone Ku1 to 6 tephra		
Early	Umegase Fm. (310m)	U1 U4 U6D U8 U10AB	Sand-rich alternation of sand and mudstone U1 to 11 tephra			
		O1 O3 O5	Repeated of sand-rich and mud-rich alternations, partly associated with slump beds O1 to 5 tephra			

Figure 1 Stratigraphic summary of the Mobara district.



執筆分担

第1章 地形	大井信三・七山 太
第2章 地質概説	七山 太
第3章 上総層群	七山 太・中里裕臣・中島 礼
第4章 下総層群	大井信三・七山 太・中島 礼・中里裕臣
第5章 新期関東ローム層及び新期段丘堆積物	大井信三・七山 太
第6章 沖積層	中島 礼・大井信三・七山 太
第7章 地殻変動と地質構造	七山 太・中里裕臣
第8章 資源地質	七山 太
第9章 応用地質	七山 太
第10章 上総層群上～中部層準のテフラカタログ	中里裕臣・七山 太

文献引用例

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.

章単位での引用例

七山 太 (2016) 茂原地域の地質, 第2章 地質概説. 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, p. 6-10.

Bibliographic reference

Nanayama, F., Nakazato, H., Ooi, S. and Nakashima, R. (2016) Geology of the Mobara District. Quadrangle Series, 1:50,000, Geological Survey of Japan, AIST, 101 p. (in Japanese with English abstract 4 p.).

Bibliographic reference of each chapter

Nanayama, F. (2016) Geology of the Mobara District, Chapter 2 Geological overview. Quadrangle Series, 1:50,000, Geological Survey of Japan, AIST, p. 6-10. (in Japanese) .

---

地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅)

茂原地域の地質

平成28年3月31日発行

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
地質調査総合センター

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

---

Geology of the Mobara District. Quadrangle Series,

1:50,000

Published on March 31, 2016

**Geological Survey of Japan, AIST**

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba,  
305-8567, JAPAN

---

印刷所

裏表紙写真説明:梅ヶ瀬層 U6 テフラ層準に認められるマッドクラストを伴うタービダイト砂層 (長南町市野々).

Back Cover Photo : Turbidite sand with mud clast found in U6 tephra horizon, the Umegase Formation at Ichinono, Chonan Town.