

### 3.3.3 液状化痕等による首都圏の古地震の調査研究

#### (1) 業務の内容

##### (a) 業務の目的

地層記録として保存された液状化痕等の発生履歴を解明し、首都圏における古地震について調査研究を行う。液状化痕等と対応する可能性がある地震の被害との比較から、その地震の特定を試みるとともに考古遺跡の液状化痕データなどとあわせて、首都圏で発生した古地震年表を作成する。

##### (b) 平成22年度業務目的

過去に発生した地震の履歴を解明するために、三浦半島を中心に、ジオスライサー等を用いた地形・地質学的痕跡の調査・分析を引き続き実施する。

##### (c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
東京大学地震研究所	教授	佐竹健治	
東京大学	名誉教授	島崎邦彦	
広島大学	名誉教授	中田 高	
高知大学理学部	教授	岡村 眞	
高知大学理学部	准教授	松岡裕美	
大阪市立大学大学院理学研究科	准教授	原口 強	
東京大学大学院新領域創成科学研究科	教授	須貝俊彦	
東京大学地震研究所	特任研究員	金 幸隆	
東京大学地震研究所	特任研究員	石辺岳男	

#### (2) 平成22年度の成果

##### (a) 業務の要約

本研究の目的は、元禄関東地震の一つ前の地震履歴を明らかにし、地震サイクルを理解することである。三浦半島の南部に位置する小網代湾と江奈湾において、深さ2.5 mまでの掘削調査を行い、津波堆積物について分析した。小網代湾では、三枚の津波堆積物が認定された。粒度分析、珪藻分析および年代分析から、上位二枚の津波堆積物はそれぞれ1923年大正関東地震と1703年元禄関東地震に対比された。また下位の津波堆積物の一つ前の関東地震に起因することが判明した。発生時期は、放射性炭素年代測定により1060～1400年と見積もられた。また、江奈湾において掘削を実施し、複数枚の砂礫層を認めた。

##### (b) 業務の成果

南関東を震源とするマグニチュード8クラスの巨大地震として、1923年大正関東地震と1703年元禄関東地震が知られる(図1)。関東地震は、相模トラフから首都直下に沈み

込むフィリピン海プレートとその上盤の日本列島との境界で発生するプレート境界型地震である。大正地震と元禄地震によって、三浦半島はそれぞれ約 1.4 m 隆起し<sup>1)2)</sup>、また房総半島は 1.5 m および 4.0 m 隆起している<sup>1)2)</sup> (図 2)。これらの関東地震は相模湾に津波も発生させ、三浦半島の沿岸域に高さ 5 m 以上の津波が襲来している<sup>3)</sup>。元禄地震の津波は大正地震の津波よりも広域に拡がり、日本列島の太平洋沿岸にまで津波は打ち寄せている (図 2)。大正・元禄の関東地震によって、それぞれ 105,000 人および 10,000 人以上の死者がでている。こうした関東地震の履歴を明らかにすることは、長期予測の上で最も基礎的な研究の一つである。しかし、元禄関東地震の一つ前の地震の履歴は不明である。三浦半島南部の小網代湾と江奈湾において、津波堆積物の調査を実施した (図 1)。

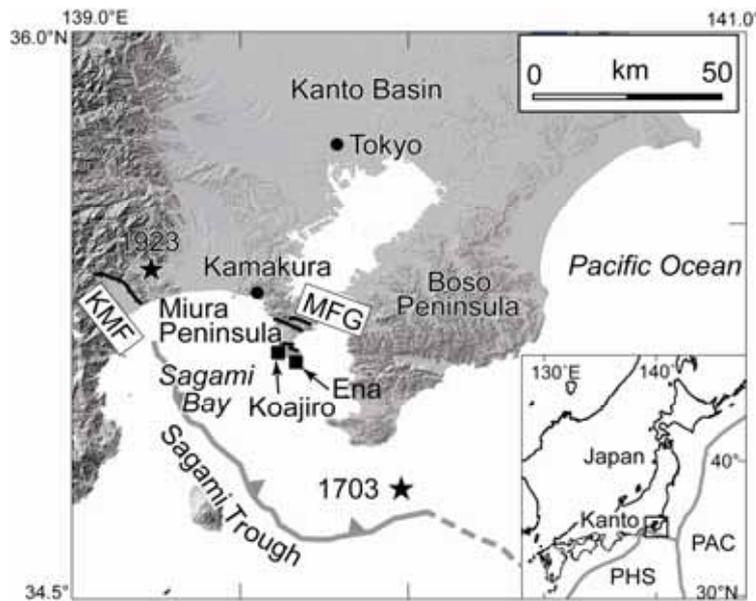


図 1 小網代湾と江奈湾の位置

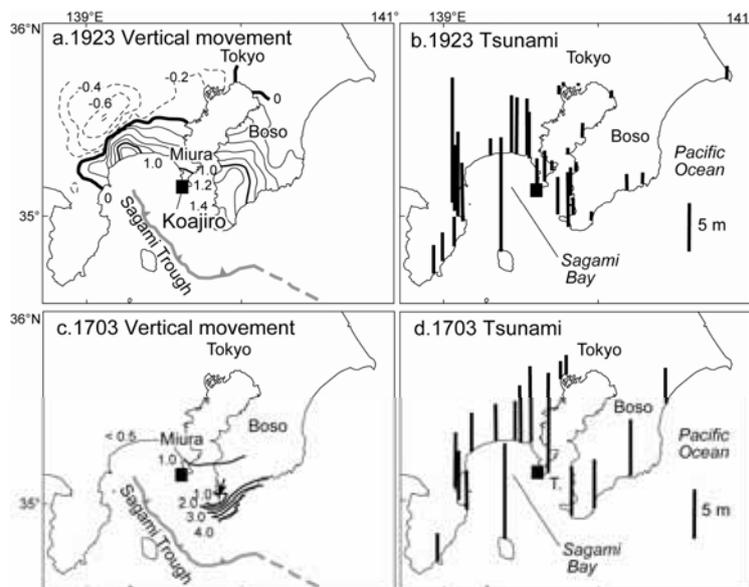


図 2 1923 年大正と 1703 年元禄の関東地震による地殻変動量と津波高さ

1) 小網代湾の調査結果

小網代湾の湾奥干潟における深さ約 2.5 m の掘削調査を実施し、干潟堆積物（シルト質砂）と内湾堆積物（砂質シルト）を採取した。干潟・内湾堆積物は、細粒物質から構成される。その細粒物質の中に厚さ 50 cm 未満の砂礫層を三枚認め、同層を上位より T1、T2、T3 とした（図 3、図 4）。砂礫層は多量の貝殻片および岩片を含み、それらは砂や礫と混合されている（図 5）。また、偽礫が認められた地点もある。砂礫層の基底は侵食され、侵食面の上にこれらの堆積物が分布する。堆積構造に基づくと、これらの砂礫層は、速く強い濁流で運搬された。砂礫層の粒度は、最下部で相対的に細粒、中央部で粗粒である（図 5）。濁流は速度勾配を伴う掃流であった可能性がある。

掃流イベントの起源を明らかにするために、イベント時およびイベント間の古環境の変動についての分析を行った（図 6、図 7）。分析は堆積物の粒度と堆積物に含まれる珪藻に基づく。分析の間隔は、深さ方向に 2 cm である。堆積物は、シルト、細粒砂、中粒砂および粗粒砂の 4 段階に篩い分けした。粒度分布に基づくと、T1、T2 および T3 の直上で粒度は変わり、海に近い掘削地点では急激に細粒化している（図 6、サイト A の T2 の上）。また河口に近い場所では、粒度は粗粒化している（図 6、サイト A~D）。各堆積物に含まれる珪藻化石は、海性浮遊生種、海性底生種、汽水生種、淡水生種に区分した。T1 の上では、淡水生種と汽水生種の量が増える。T1 よりも下位では、これらの種は少なく、海性種が優勢である。海性浮遊生種と海性底生種の比率をみると、T2 の上で、海性底生種の量が増えている。イベント時に、珪藻から水深が急激に浅くなったことが推察される。急激な地盤の隆起に伴い、小網代湾に流れ込む小さな川からの堆積物の粒度は粗く、また海に近い場所では海からの波の限界水深によって粒度は細粒化したと推察した。各イベント間では、粒度は上方に細粒化、珪藻について海性浮遊性種は如々に増加しており、水深が徐々に深くなっていることを示す。油壺の験潮場では、大正関東地震の地震時に 1.4 m の隆起と地震間の沈降（1950 年以降約 40 cm）が記録されている。粒度と珪藻の分析結果は測地データに調和的であり、地震時の隆起と地震間の沈降は繰り返されている。T1、T2 および T3 は、地震時の地殻変動を伴うことから、関東地震の津波堆積物に対比される。

堆積年代について詳細に検討した結果、最上部の津波堆積物は 1923 年大正関東地震、真ん中の津波堆積物は 1703 年元禄関東地震の津波であることが判明した。最下部の津波堆積物は 1060 年以降、1400 年以前に堆積したと推定され、元禄関東地震の一つ前の地震の発生履歴が解明された（図 8）。地震の繰り返し間隔は平均 260 年～430 年と見積もられ、地震調査研究推進本部による見積もり 200 年～400 年と調和的である<sup>4)</sup>。各イベント間の発生間隔は、T1 と T2 で 220 年、T2 と T3 の間で 300 年～640 年と見積もられた。

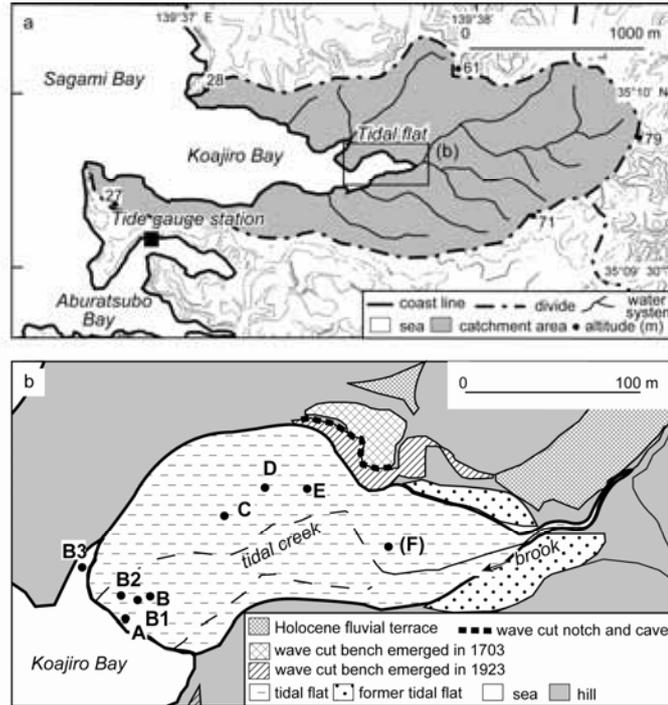


図3 小網代湾の地形と掘削地点

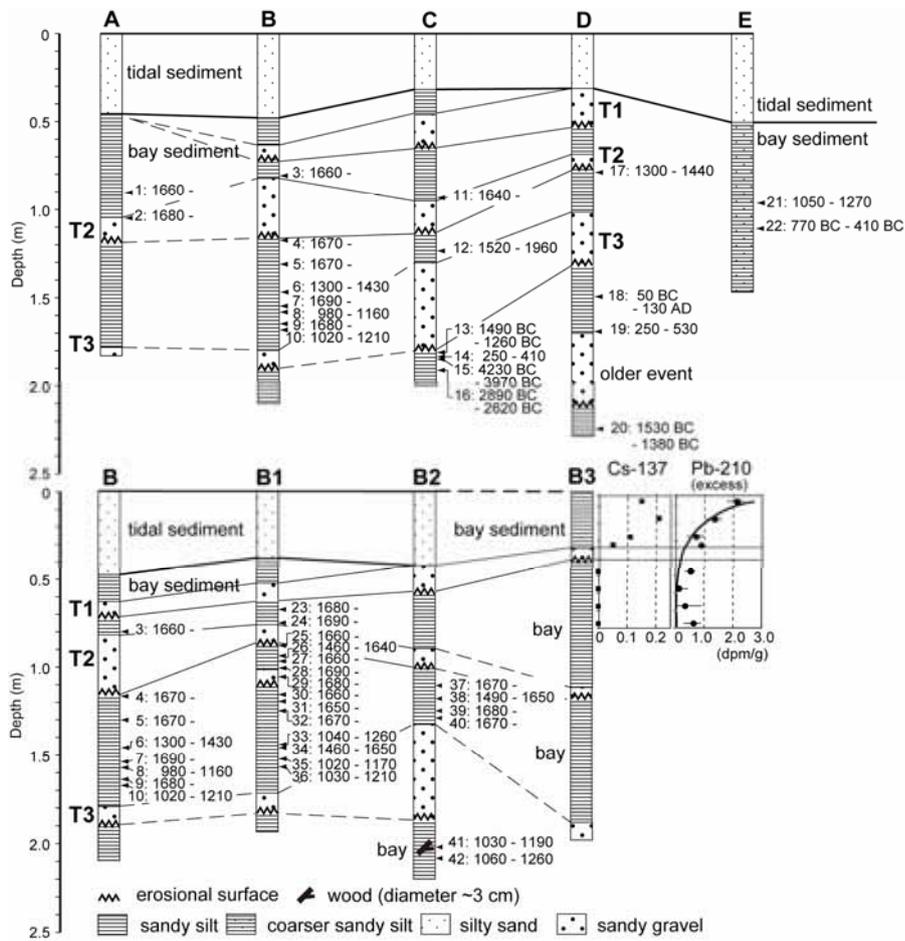


図4 小網代湾の柱状図と年代

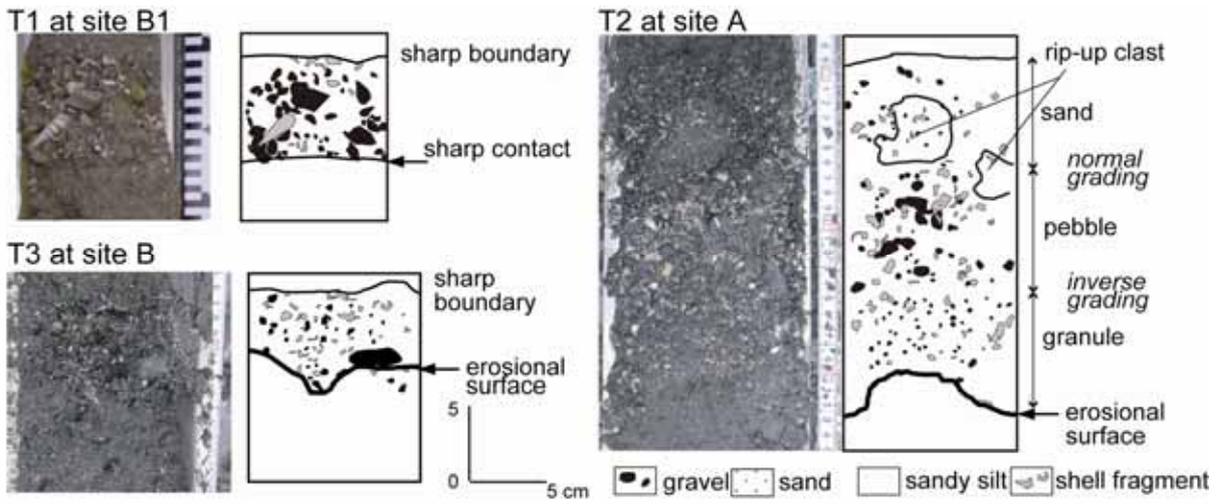


図5 津波堆積物の堆積構造

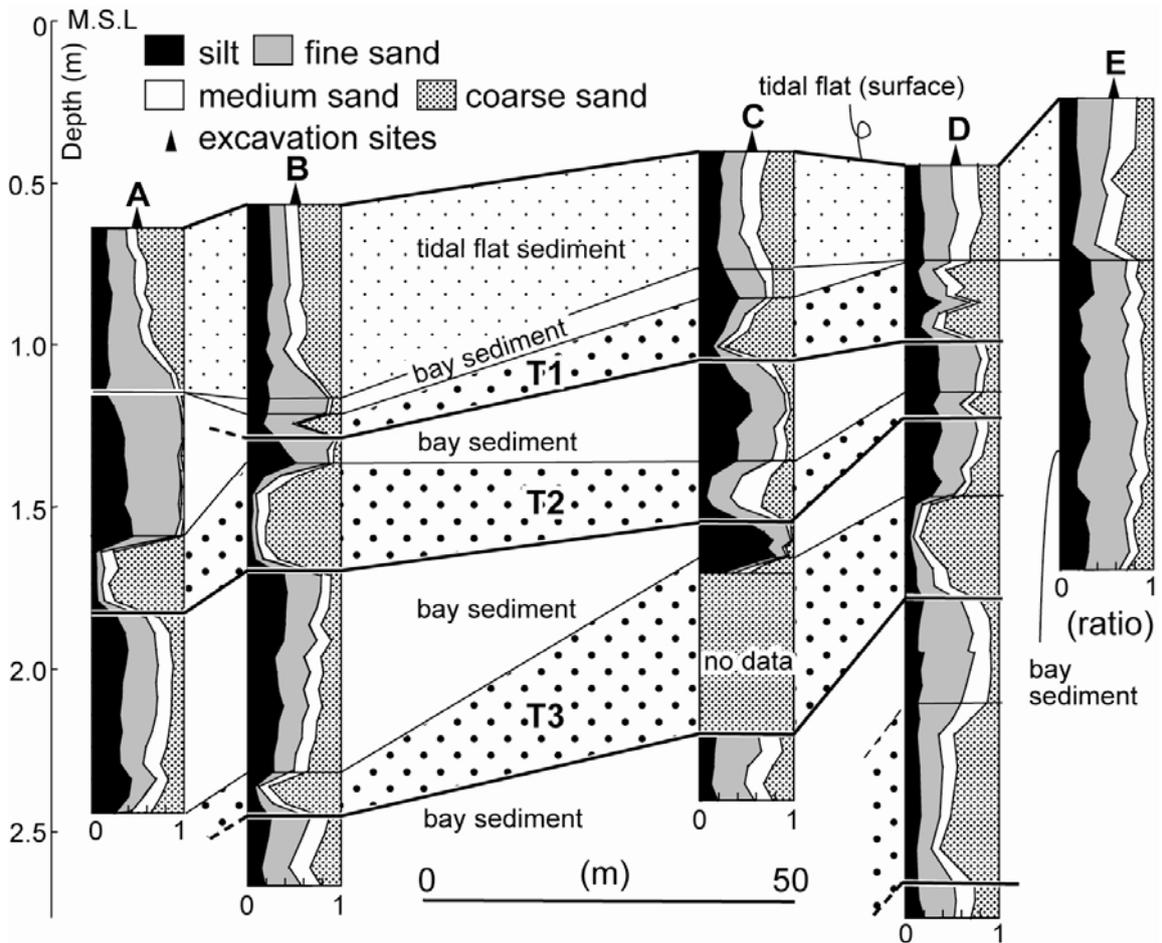


図6 粒度分析に基づく層序区分

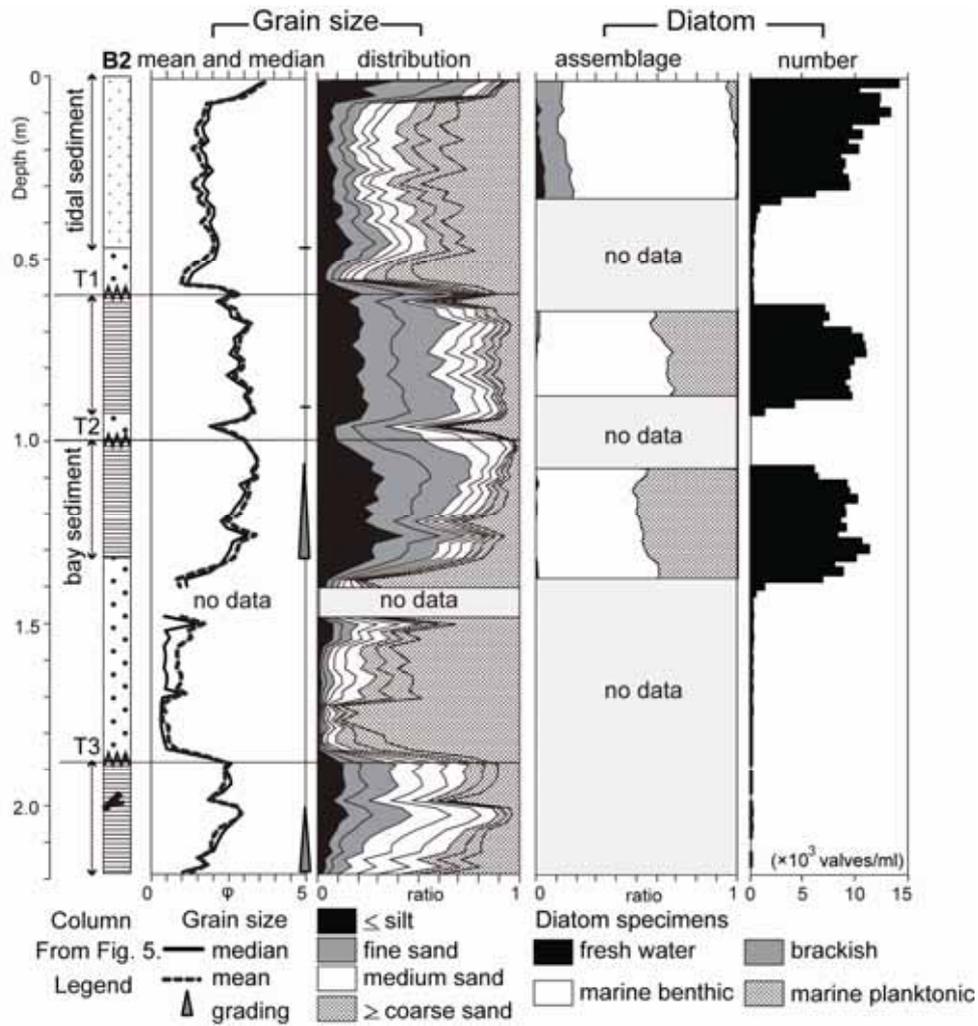


図 7 粒度と珪藻の比較

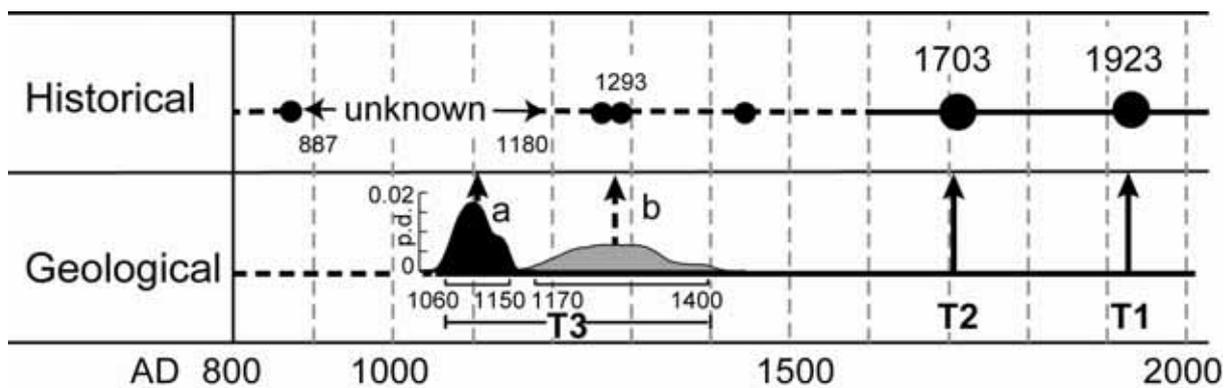


図 8 過去三回の関東地震の発生時期と歴史地震との比較  
(T3 のケース b は、再堆積の可能性の年代試料を除いた場合。)

## 2) 江奈湾の調査結果

江奈湾において、ハンディジオスライサーを用いて複数本採取された深さ 3m 弱のコ

ア試料の中から、主に3本のコア(ENA-C、ENA-E、ENA-F)を対象として分析を行った(図9)。なお、ジオスライサー試料の採取にあたり、予め空中写真判読により採取位置を決定している。珪藻分析は、堆積物を1cm間隔で1g程度を切り出し、過酸化水素水により殻の洗浄と有機物の分解を行いプレパラートに封入した後、光学顕微鏡(倍率×1000倍)にて同定と計数を行った。計数の際、最低300殻を計数し、種ごとの産出頻度を求めた。粒度分析は0.5メッシュの篩により4.0~1mmまでを篩い分けて粒度分布を求めた。

分析の結果、ENA-Eにおいて3層、ENA-Fにおいて4層、貝片を多く含む淘汰が悪い粗粒層が確認された(図10)。これらの堆積物は、それ以前に堆積した層を侵食しており、海域からの強い流れによってもたらされた堆積物であると考えられ、イベント性の堆積物である可能性が高い。また珪藻分析から、特に堆積環境の古水深の変化を反映すると考えられる海生底生種の産出頻度の増減が認められた。すなわち、海生底生種が津波堆積物の堆積前に徐々に減少し、津波堆積物の堆積後に増加する傾向があった。三浦半島は大正関東地震によって1.4m程度隆起し、地震後に年間約3.7mmずつ沈降していることが油壺験潮場の潮位記録から明らかにされている。上記の傾向はこの地殻変動に対応した江奈湾の古水深の変化を反映している可能性が高い。この珪藻群集の変化は、小網代湾において認められた変化とも調和的である。以上の特徴から、これらのイベント堆積物は過去の関東地震による津波堆積物であると結論付けた。以降、これらの津波堆積物を上からT1・T2・T3・T4・T5と呼ぶ。

T1の年代は $^{210}\text{Pb}$ 法から1923年大正関東地震による津波堆積物であると考えられる。T2、T3、T4、T5の堆積年代は放射性炭素年代から、それぞれおよそ2000年前、3000年前、3300年前、3700年前であると推定される。これらの年代は、房総半島の離水段丘から推定されている関東地震の発生日代<sup>5)</sup>と調和的である(図11)。さらに、ENA-CからはT1とT2の間の層準に少なくとも3枚の粗粒層が認められた。これらも珪藻の産出傾向と粒度組成の傾向から津波堆積物である可能性を示唆する。これらをさらに明らかにするために、詳細な分析と検討が必要である。



図9：調査地域と試料採取地点

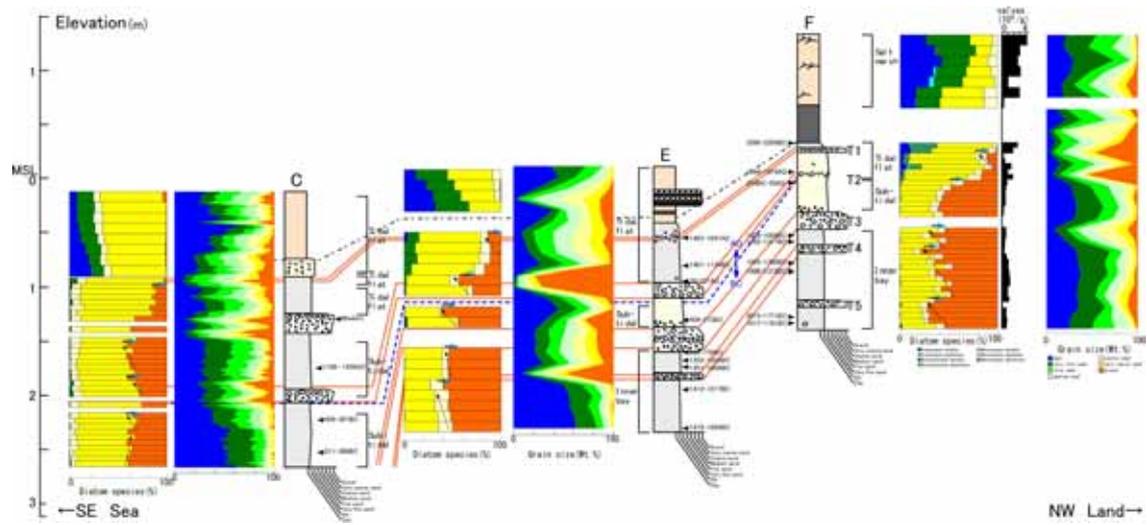


図 10: 左からそれぞれ珪藻・粒度・柱状図を示す。ENA-F のみ珪藻殻数を加え示している。

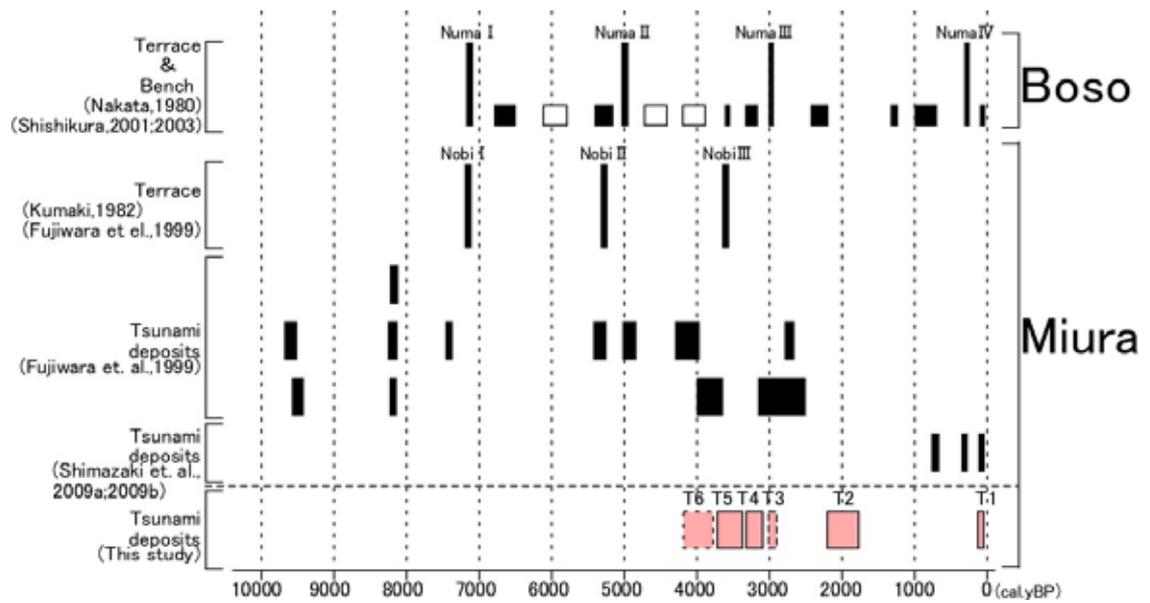


図 11: 房総半島の離水段丘面の年代と三浦半島の離水段丘の年代と津波堆積物の年代

(c) 結論ならびに今後の課題

小網代湾では、関東地震に伴う津波堆積物が三枚認定され、それらの堆積年代を明らかにした。1923年、1703年および1060年～1400年と推定された。この結果、関東地震の発生間隔や活断層地震との関連性への議論が可能であり、今後の課題である。江奈湾では、複数枚の砂礫層が観察された。今後、関東地震との関連性について検討する必要がある。

(d) 引用文献

- 1) Miyabe, N.: On the vertical earth movements in Kwanto districts, Bull. Earthq. Res. Inst., 9, 1-21, 1931.
- 2) Matsuda, T., Y. Ota, M. Ando and N. Yonekura: Fault mechanism and recurrence time of major earthquakes in southern Kanto district, Japan, as deduced from coastal terrace data, Geol. Soc. Amer. Bull., 89, 1610-1618, 1978.
- 3) 羽鳥徳太郎・相田勇・梶浦欣二郎：南関東周辺における地震津波，関東大地震50周年論文集，57-66，1973.
- 4) 地震調査委員会：相模トラフ沿いの地震活動の長期評価，31pp，2004.
- 5) 穴倉正展：変動地形から見た相模トラフにおけるプレート間地震サイクル，地震研究所彙報，78，245-254，2003.

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所（学会等名）	発表時期	国際・国内の別
Identification and Dating of Tsunami Deposits from the Past Three Kanto Earthquakes Based on the Geoslicer Survey of Bay Sediments in the Southern Miura Peninsula, Central Japan（口頭）	Kim, H. Y., K. Shimazaki, T. Chiba, T. Ishibe, H. Matsuoka, M., Okamura, Y. Tsuji, and K. Satake	2010 Western Pacific Geophysical Meeting, Taipei	平成22年6月	国際
Assessing Earthquake Potential for Tokyo Metropolitan Area（口頭）	Satake, K., Y. Tsuji, T. Ishibe, H. Y. Kim, and K. Shimazaki	2010 Western Pacific Geophysical Meeting, Taipei	平成22年6月	国際
Recurrence of Kanto	Shimazaki,	Asia Oceania	平成22年7月	国際

Earthquakes Revealed from Tsunami Deposits in Miura Peninsula (口頭)	K., K. Satake, H. Kim, T. Ishibe, T. Chiba	Geosciences Society 2010, Hyderabad, India		
三浦半島における関東地震起源の津波堆積物の認定と歴史地震(口頭)	島崎邦彦・金幸隆・千葉崇・石辺岳男・松岡裕美・岡村眞・都司嘉宣・佐竹健治	第27回歴史地震研究会, 東京大学地震研究所	平成22年9月	国内
Past Three Kanto Earthquakes Inferred from the Tsunami Deposits in the Bay Sediments in the Southern Miura Peninsula, Central Japan (ポスター)	Kim, H. Y., K. Shimazaki, T. Chiba, T. Ishibe, H. Matsuoka, M. Okamura, Y. Tsuji, and K. Satake	2010 GSA annual meeting, Denver	平成22年10月	国際
三つの関東地震を示す三浦半島小網代湾干潟の津波堆積物(口頭)	島崎邦彦・金幸隆・千葉崇・石辺岳男・松岡裕美・岡村眞・都司嘉宣・佐竹健治	日本地震学会 秋季大会, 広島国際会議場	平成22年10月	国内
Three Kanto Earthquakes Inferred from the Tsunami Deposits and the Relative Sea Level Change in the Miura Peninsula, Central Japan (ポスター)	Kim, H., K. Shimazaki, T. Chiba, T. Ishibe, M. Okamura, H. Matsuoka, Y. Tsuji, K. Satake	AGU fall meeting 2010, San Francisco	平成22年12月	国際

三浦半島江奈湾における関東地震による沿岸環境変動の珪藻分析による復元（ポスター）	千葉 崇・石 辺岳男・佐竹 健治・島崎邦 彦・須貝俊 彦・西山昭 仁・原田智 也・今井健太 郎・行谷佑 一・上野俊洋	日本地球惑星科学 連合 2010 大会，幕 張	平成22年5月	国内
三浦半島、江奈湾・小網代湾における珪藻の分布	千葉 崇・石 辺岳男・佐竹 健治・島崎邦 彦・須貝俊 彦・西山昭 仁・原田智 也・今井健太 郎・行谷佑 一・上野俊洋	日本珪藻学会第 31 回大会，東京	平成22年5月	国内

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1)特許出願

なし

2)ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

**(3) 平成 2 3 年度業務計画案**

平成 22 年度までに行った南関東の古地震研究を継続して実施し、過去に発生した関東地震のタイプ分け・発生年代・繰り返し間隔の推定を行う。これらから 長期予測の基礎となる地震サイクルを解明し、再評価を行う。

航空レーザー測量に基づき精密地形情報を取得し、過去の関東地震に伴い形成された地形の分類を行う。また現地調査・掘削調査により、堆積物の年代・堆積環境を解明し、関東地震の発生時期および繰り返し間隔についての情報を得ることを試みる。

地震のタイプ分けに関しては、従来の研究に基づかれる。そのために、地球惑星連合大会、地震学会、第四紀学会、歴史地震研究会に参加し、関東地震に関する議論を行う。