

3.3.4 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21年度業務目的

関東地震を中心とした過去の地震履歴を解明するために、三浦半島小網代湾で得られた津波堆積物の分析や、同半島江奈湾などでジオスライサー掘削調査等の地質学的痕跡の調査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 | |
| 震災予防協会 | 研究員 | 島崎邦彦 | |
| 広島工業大学環境学部 | 教授 | 中田高 | |
| 高知大学理学部 | 教授 | 岡村眞 | |
| 東京大学大学院新領域創成科学研究科 | 教授 | 須貝俊彦 | |
| 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系研究科 | 准教授 | 原口強 | |
| 東京大学地震研究所 | 特任研究員 | 石辺岳男 | |

(2) 平成21年度の成果

(a) 業務の要約

- 1) 三浦半島江奈湾の入り江干潟において 3m 長ハンディジオスライサーを用いた津波堆積物調査を 2009 年 5 月ならびに 11 月に実施し、過去の関東地震によると考えられる津波堆積物を複数枚採取した。
- 2) 三浦半島小網代湾で採取されたコアの分析作業を引き続き、実施した。

(b) 業務の成果

1) 江奈湾入り江干潟で実施したハンディジオスライサー調査

a) 業務の要約

神奈川県三浦半島の南端に位置する江奈湾入り江干潟において 3 m 長ハンディジオスライサー[中田・島崎(1997)¹⁾; 高田・他(2002)²⁾]を用いた津波堆積物調査を実施した。そ

の結果、非常に細粒なシルト層に挟まれて、多数の貝殻片や砂・小礫を含む淘汰の悪い粗粒層が少なくとも3~4枚認定された。これらは過去の関東地震による津波堆積物である可能性が高い。最上位の津波堆積物は、鉛(^{210}Pb)法から1923年大正関東地震によるものであると考えられる。それより下位の津波堆積物の堆積年代は上位のものからそれぞれ、およそ3000年前、およそ3200年前、およそ3700年前と推定され、これらは房総半島における海成段丘から推定された関東地震の履歴(宍倉、2003)³⁾と対比される。

b) 業務の成果

首都直下型地震の活動期は関東地震の80-90年前ごろから始まることが指摘されており(例えば、中央防災会議、2004⁴⁾)、関東地震の発生履歴を解明することで次の首都直下型地震がいつ活動期に入るかを推測することができると考えられる。現在のところ、関東地震の平均再来間隔は200~400年と見積もられているが(地震調査委員会、2004)⁵⁾、発生が明らかにされている関東地震は1923年大正関東地震と1703年元禄関東地震に限られる。元禄の前の関東地震については、史料から1293(正応六または永仁元)年の地震(石橋、1991)⁶⁾や、1433(永享五)年の地震(石橋、1994)⁷⁾などが、候補として挙げられている。また地形学的調査からは、岩井低地の離水海岸地形から大正型関東地震の発生年代として西暦1050年前後が推定されているが(宍倉・他、2001)⁸⁾、史料から推定される関東地震の発生年代とは相違が見られる。

三浦半島に位置する油壺験潮場に残された潮位記録(図1)からは、1923年大正関東地震時に1.4mほど隆起し、大正関東地震発生後、現在に至るまで年間約3.6mmの速度で沈降していることが明らかになっている(例えば、加藤・津村、1979⁹⁾; Ozawa et al., 1997¹⁰⁾)。また三浦半島沿岸では、離水海岸地形の調査から1923年関東地震と1703年元禄地震の隆起量は同程度であったと推定されている(Matsuda et al., 1978¹¹⁾; 宍倉、2003³⁾)。1923年大正関東地震と1703年元禄関東地震に伴い、関東沿岸域には1m以上の津波が来襲したことが明らかにされており(羽鳥・他、1973)¹²⁾、関東地震による津波堆積物が地層中に保存されていると考えられる。

これらの背景から、平成20年度に元禄より前の関東地震の履歴解明を目的として、小網代湾奥の干潟ならびに湾内においてジオスライサー掘削調査を実施した(島崎・他、2009a¹³⁾、2009b¹⁴⁾)。採取された試料からは、元禄の一つ前の関東地震によるものと考えられる津波堆積物が認められ、放射性炭素(以下、 ^{14}C と略記する)年代と史料による関東地震の候補との対比から、1293(正応六または永仁元)年の地震が一つ前の関東地震であった可能性が高いと結論した。これは、関東地震の履歴解明に対して重要な成果であるとともに、今後、広範な沿岸域における津波堆積物調査を行うことで更に関東地震の履歴を解明できる可能性を示唆する。そこで、本年度は三浦半島の南端に位置する江奈湾においてハンディジオスライサーを用いた堆積物調査を実施した。

江奈湾には入り江干潟(図2)が存在し、平成6年10月に松輪漁港の一部が漁港施設用地取得のため0.8haほど埋め立てられた他は、大きな地形変化を伴う開発は行われていない。平成20年度末に実施した1.5m長のハンディジオスライサーを用いた予備調査において採取されたコアからは、細粒なシルト層中に多数の貝殻片を含む粗粒砂・小礫からな

るイベント性堆積物が2枚、挟在していることが確認された(島崎・他、2009c¹⁵⁾)。そこで、今年度は3m長ハンディジオスライサーやコアラーを用いた掘削調査を実施した(図3)。

今年度調査における掘削地点を図4に示す。海側から陸側へ順に、ENA-A~ENA-Iとし、澗筋の北で採取したコアをENA-Jとそれぞれした。採取した試料について、地層断面スケッチ・写真撮影・試料採取と剥ぎ取り作業を実施した。また、¹⁴C年代測定、鉛(²¹⁰Pb)・セシウム(¹³⁷Cs)同位体分析、粒度ならびに珪藻分析を実施した。

採取された3m程度の堆積物中からは、多数の地点において3~4枚の貝殻片・小礫・粗粒砂からなる淘汰の悪いイベント性堆積物が発見された(図5)。以後、これらのイベント性堆積物を上位から順番に T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 (まとめて T_n 層)と呼ぶ。これらの T_n 層は一般に、粗粒砂・小~中礫などの雑多な構成物からなり、分級が悪い。多くの貝殻片を含み、上下の微細なシルトあるいは砂混じりのシルト層と明瞭に対比される。また、多量の粘土偽礫を含むものもある。基底面の形状は明瞭な侵食面を形成していることが多く、強い流れを伴ってもたらされたことを示唆する。側方対比が可能であるが、海側で採取したコアほど不明瞭である。また、イベント性堆積物を境に明瞭な粒径変化が認められ、前後に何らかの堆積環境の変化があったことを示唆する。

珪藻分析からは、古水深の増減を表すと考えられる海生浮遊性種・底生種の産出頻度の増減が認められた(図6)。すなわち、イベント性堆積物の堆積前には浮遊性種が徐々に増加し、堆積後に底生種が増加する。油壺験潮場における潮位記録から明らかにされているように、三浦半島は関東地震間に徐々に沈降し水深が深くなるため、海底面に到達する日光量は徐々に減少し、底生種が相対的に減少、あるいは浮遊性種が相対的に増加する。一方、関東地震時には隆起し、水深が浅くなるため、海底面に到達する日光量は増加し、これは底生種の産出頻度の増加として珪藻分析に現れる。また、浅部において深部では産出しなかった淡水性珪藻種が産出するようになる。上記の特徴は小網代湾における結果と調和的であり(島崎・他、2009a¹³⁾、2009b¹⁴⁾)、これらのイベント性堆積物は過去の関東地震による津波堆積物である可能性が高い。

これらの津波堆積物を挟むシルト層、あるいは砂混じりのシルト層から採取された木片や合弁二枚貝(図7)の¹⁴C年代及び²¹⁰Pb法からそれぞれの津波堆積物の堆積年代を推定した。採取したコアの柱状図ならびに¹⁴C年代測定結果を図8に示す。暦年較正には暦年較正プログラムCalib 5.0.1(Stuiver and Reimer, 1993¹⁶⁾)を使用し、較正データとして陸源試料にはIntcal04(Reimer et al., 2004¹⁷⁾)を、海洋起源の試料にはMarine04(Hughen et al., 2004¹⁸⁾)をそれぞれ用いた。また、三浦半島における標準的な海洋滞留効果からの偏差にはShishikura et al. (2007)¹⁹⁾の値を用いた。

最上位の T_1 は²¹⁰Pb法により、三浦半島小網代湾で採取されたコアと同様に1923年の大正関東地震による津波堆積物の可能性が高い。その一方で、下位の津波堆積物の堆積年代は小網代湾と大きく異なり、¹⁴C年代からそれぞれ T_2 はおよそ3000年前、 T_3 はおよそ3200年前、 T_4 はおよそ3700年前と推定される。これらの津波の堆積年代は、房総半島における海成段丘の離水年代から推定されている関東地震の発生履歴(宍倉, 2003)³⁾と対比され、関東地震の発生間隔に対して重要な示唆を与える。しかしながら、 T_2 ~ T_1 間は、

層厚が約 20～50 cm と薄いにもかかわらず年代は約 3000 年異なり、また津波堆積物として明瞭な層を確認することができない。このことは今年度採取した地点においては、堆積速度の極端な低下や堆積後のイベントによる浸食などにより、およそ 3700 年前から 3000 年前までの津波堆積物は保存されていたものの、1923 年大正関東地震を除き古文書等の歴史記録と対比可能な津波堆積物が保存されていないことを意味する。掘削地点の選定が今後の課題である。

2) 三浦半島小網代湾で採取されたコアの分析作業

平成 20 年度に小網代湾において採取したコアについて、引き続き珪藻分析を実施した。分析には KOA-11、KOA-12、KOA-4 を用いた。これらのコアにおいても津波堆積物が認められ、生物擾乱が著しい KOA-11 で 2 枚、KOA-12 で 3 枚、KOA-4 で 4 枚確認された。これらの津波堆積物中においては、珪藻殻が極めて少ない傾向が認められた。さらに、津波堆積物の堆積前において海生浮遊性種が増加する傾向があり、堆積後には海生底生種が増加する傾向があった。以上の結果は、既に報告されている小網代湾の分析結果と調和的であり、この地域の地殻変動を反映した群集組成の変化であると考えられる。

(c) 結論ならびに今後の課題

三浦半島江奈湾入り江干潟において採取したコアから、少なくとも 3～4 枚の過去の関東地震によるものと考えられる津波堆積物を発見した。最上位の津波堆積物は、 ^{210}Pb 法から 1923 年大正関東地震によるものである可能性が高い。下位の津波堆積物の堆積年代は上位のものからそれぞれ、およそ 3000 年前、およそ 3200 年前、およそ 3700 年前と推定され、これは房総半島における海成段丘の離水年代から推定された関東地震の履歴と調和的である。今年度、採取された津波堆積物は、先史時代における関東地震の発生間隔に対して重要な示唆を与える。しかしながら、本年度採取した地点においては、ほぼ堆積物が保存されていない欠落期間があったため、歴史時代の関東地震の発生履歴の特定には至っていない。今後は、今年度とは別の地点において引き続き調査を実施し、歴史時代の関東地震を含めた更なる履歴解明を目指す。

(d) 引用文献

- 1) 中田高・島崎邦彦, 活断層研究のための地層抜き取り装置(Geo-slicer), *地学雑誌*, **106**, 59-69, 1997.
- 2) 高田圭太・中田高・宮城豊彦・原口強・西谷義数, 沖積層調査のための小型ジオスライサー(Handy Geoslicer)の開発, *地質ニュース*, **579**, 12-18, 2002.
- 3) 宍倉正展, 変動地形からみ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.
- 4) 中央防災会議, 「首都直下地震対策専門調査会(第12回)」, *地震ワーキンググループ(平成16年11月17日)報告書*, 26pp, 2004.
- 5) 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.
- 6) 石橋克彦, 1293年永仁鎌倉地震と相模トラフ巨大地震の再来間隔, *地震学会1991年秋*

季大会講演予稿集, 251, 1991.

- 7) 石橋克彦, 大地動乱の時代 - 地震学者は警告する -, 岩波書店, 234p, 1994.
- 8) 穴倉正展・原口強・宮内崇裕, 房総半島南西部岩井低地の完新世離水海岸地形からみた大正型関東地震の発生年代と再来間隔. *地震第2輯*, **53** 巻4号, 357-372, 2001.
- 9) 加藤照之・津村建四朗, 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*, **54**, 559 - 628, 1979.
- 10) Ozawa S., M. Hashimoto and T. Tada, Vertical crustal movement in the coastal areas of Japan estimated from tidal observations, *Bull. Geogr. Surv. Inst.*, **43**, 1-21, 1997.
- 11) 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, *Geological Society of America Bulletin*, **89**, 1610-1618, 1978.
- 12) 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.
- 13) 島崎邦彦・石辺岳男・佐竹健治・都司嘉宣・須貝俊彦・岡村眞・松岡裕美・金幸隆・千葉崇・藤原治・行谷佑一, 三浦半島小網代湾津波堆積物に基づく元禄地震より前の関東地震, *日本地球惑星科学連合大会2009 予稿集(CD-ROM)*, S221-013, 2009a.
- 14) 島崎邦彦・金幸隆・千葉崇・石辺岳男・都司嘉宣・岡村眞・松岡裕美・行谷佑一・佐竹健治・今井健太郎・泊次郎, [講演要旨]三浦半島小網代湾の津波堆積物, *歴史地震*, **24**, 168, 2009b.
- 15) 島崎邦彦・佐竹健治・岡村眞・中田高・松岡裕美・原口強・石辺岳男, 液状化痕等による首都圏の古地震の調査研究, *首都直下防災・減災特別プロジェクト 首都圏でのプレート構造調査, 震源断層モデル等の構築等(平成20年度)成果報告書*, 205 - 240, 2009c.
- 16) Stuiver, M., and Reimer, P. J., Extended C-14 data-base and revised Calib 3.0 C-14 age calibration program, *Radiocarbon*, **35**, 215-230, 1993.
- 17) Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Bertrand, C.J.H., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Burr, G.S., Cutler, K.B., Damon, P.E., Edwards, R.L., Fairbanks, R.G., Friedrich, M., Guilderson, T.P., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, G., Manning, S., Ramsey, C.B., Reimer, R.W., Remmele, S., Southon, J.R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F.W., van der Plicht, J., Weyhenmeyer, C.E., IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyr BP. *Radiocarbon* **46**, 1029–1058, 2004.
- 18) Hughen, K.A., Baillie, M.G.L., Bard, E., Beck, J.W., Bertrand, C.J.H., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Burr, G.S., Cutler, K.B., Damon, P.E., Edwards, R.L., Fairbanks, R.G., Friedrich, M., Guilderson, T.P., Kromer, B., McCormac, G., Manning, S., Ramsey, C.B., Reimer, P.J., Reimer, R.W., Remmele, S., Southon, J.R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F.W., van der Plicht, J., Weyhenmeyer, C.E., Marine04 marine radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyr BP. *Radiocarbon* **46**, 1059–1086, 2004.
- 19) Shishikura, M., T. Echigo, and H. Kaneda, Marine reservoir correction for the Pacific coast of central Japan using ¹⁴C ages of marine mollusks uplifted during historical earthquakes, *Quaternary Research*, **67**, 286-291, 2007.

(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 |
|--|--|--|---------|---------|
| 三浦半島小網代湾津波堆積物に基づく元禄地震より前の関東地震 | 島崎邦彦・石辺岳男・佐竹健治・都司嘉宣・須貝俊彦・岡村眞・松岡裕美・金幸隆・千葉崇・藤原治・行谷佑一 | 日本地球惑星科学連合大会2009 | 平成21年5月 | 国内 |
| 三浦半島における津波堆積物調査から推定される関東地震の発生履歴 | 島崎邦彦・金幸隆・石辺岳男・都司嘉宣・佐竹健治・今井健太郎・泊次郎・千葉崇・須貝俊彦・岡村眞・松岡裕美・藤原治・行谷佑一 | 第26回歴史地震研究会 | 平成21年9月 | 国内 |
| Recurrence of Kanto earthquakes revealed from tsunami deposits in Miura Peninsula, Japan | Shimazaki K., Kim H. Y., Ishibe T., Tsuji Y., Satake K., Imai K., Tomari J., Chiba T., Sugai T., Okamura M., Matsuoka H., Fujiwara O., and Namegaya Y. | Asia Oceania Geosciences Society 2009 | 平成21年8月 | 国際 |
| Recurrence of Kanto Earthquakes Revealed from Tsunami Deposits in Miura Peninsula | Shimazaki K., Kim H. Y., Ishibe T., Tsuji Y., Satake K., Imai K., Tomari J., Chiba T., Sugai T., Okamura M., | IUGG Tsunami Commission 24 th International Tsunami Symposium | 平成21年7月 | 国際 |

| | | | | |
|---|---|---|-------------|----|
| | Matsuoka H., Fujiwara O., and Namegaya Y. | | | |
| Recurrence of Kanto Earthquakes Revealed from Tsunami Deposits in Miura Peninsula | Shimazaki K., Satake K., Kim H. Y., Ishibe T., Chiba T., and Sugai T. | The 3 rd SCEC-ERI Joint Workshop on “Earthquake Hazards in Urban Area” and “Toward Constructing Forecast Systems of Earthquakes” | 平成22年 3月 | 国際 |

学会誌・雑誌等における論文掲載

| 掲載論文（論文題目） | 発表者氏名 | 発表場所 （雑誌等名） | 発表時期 | 国際・国内の別 |
|---------------------|--------------------|----------------|-------------|---------|
| 旧江戸川で見いだされた地震痕跡の再調査 | 島崎邦彦・原口強・石辺岳男・中田高 | 東京大学地震研究所彙報 | 平成22年 3月 | 国内 |
| 小合溜における音波探査 | 島崎邦彦・岡村眞・松岡裕美・石辺岳男 | 東京大学地震研究所彙報 | 平成22年 3月 | 国内 |

マスコミ等における報道・掲載

なし

(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22年度業務計画案

関東地方で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、ジオスライサー掘削調査等を用いた地形・地質学的痕跡の調査・分析を引き続き実施する。

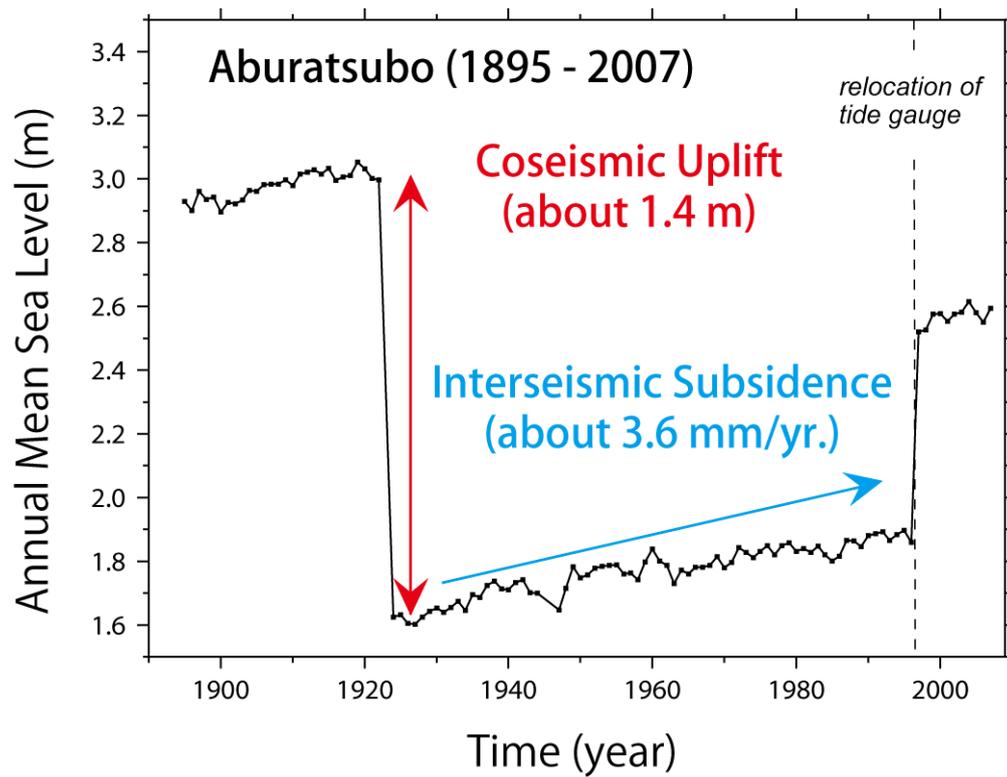


図 1 . 油壺験潮記録による 1923 年大正関東地震時の隆起と地震後の沈降。1923 年大正関東地震時には 1.4m の隆起（平均潮位の相対的な低下）が、地震後には年間約 3.6mm の沈降（平均潮位の相対的な上昇）がそれぞれ観測されている。



図 2 . 三浦半島江奈湾の入り江干潟の概観。



図 3 . 江奈湾における 3m 長ハンディジオスライサーを用いた掘削調査風景。

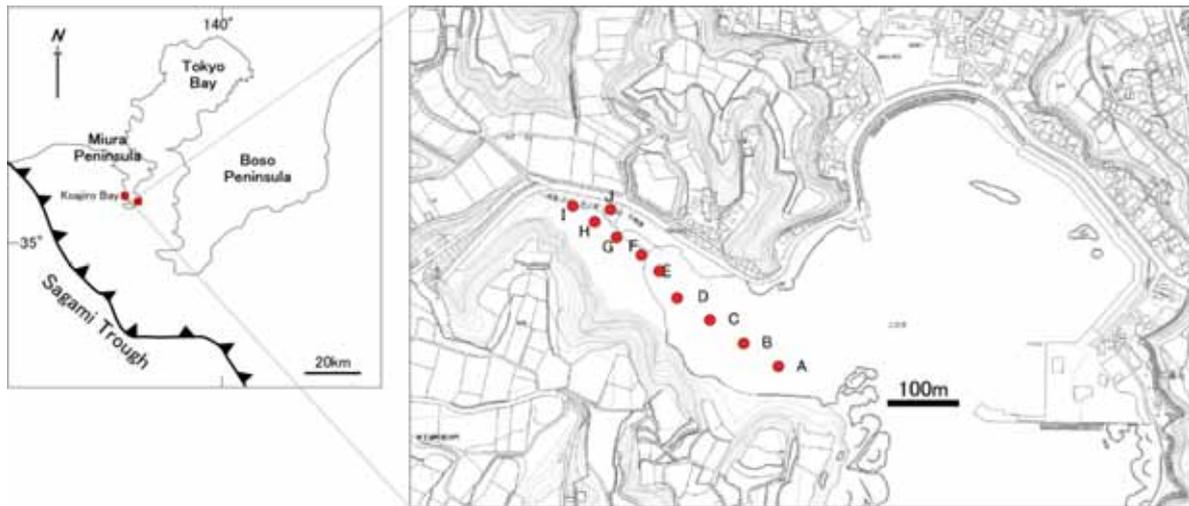


図 4 . 江奈湾におけるジオスライサー調査掘削地点。

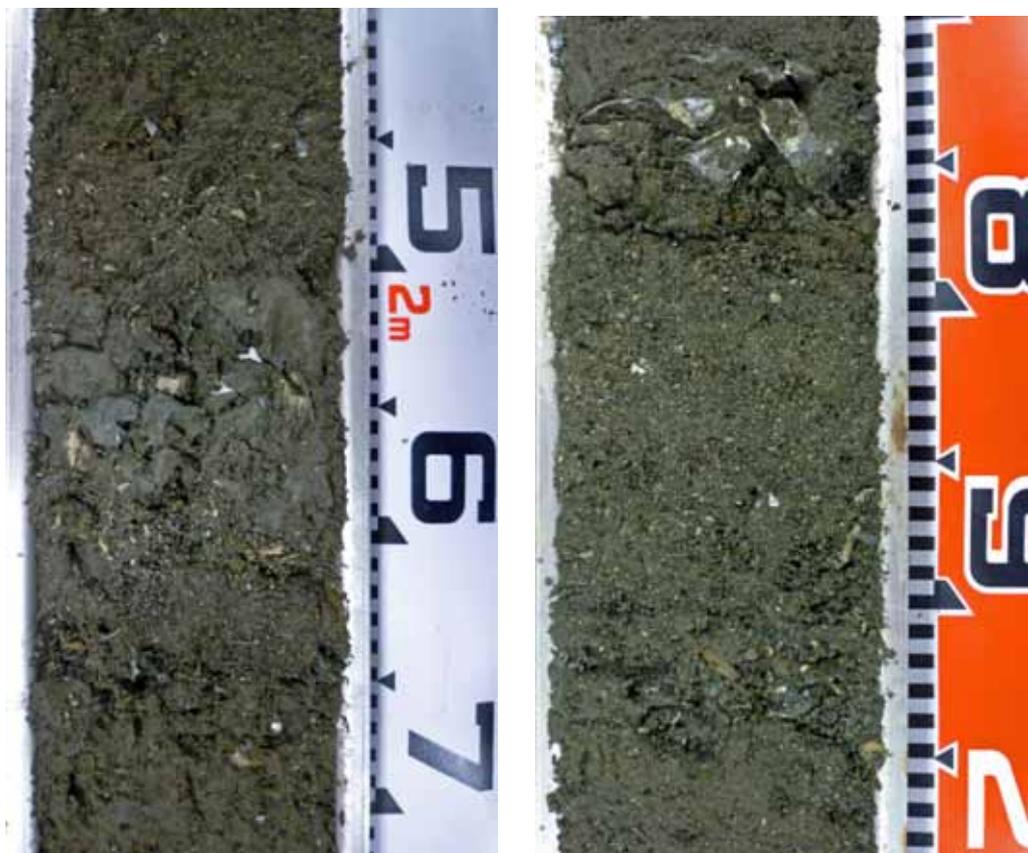


図 5 . 泥質砂層堆積物中に挟まれた、貝殻片・砂層・小礫・粗粒砂からなる津波堆積物。

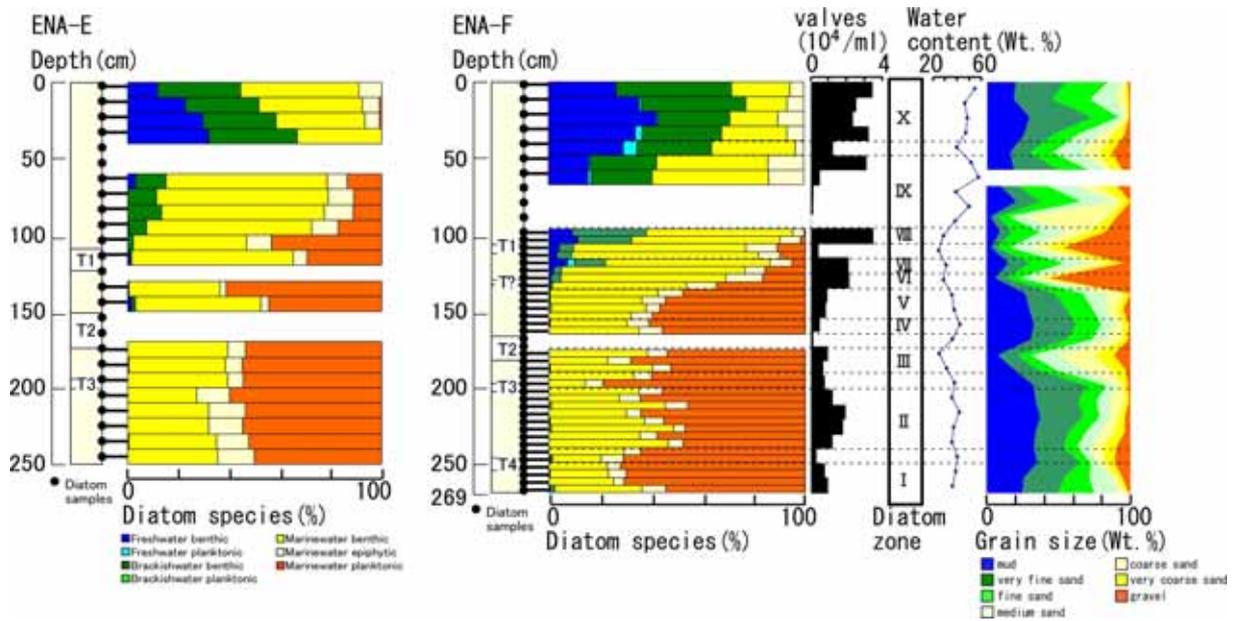


図 6. コア E、F における珪藻分析と粒度分析の結果。色付き棒グラフは種の産出頻度を示し、面グラフは粒径ごとの頻度を示す。粒度分析・含水率の測定・珪藻殻の計数は F についてのみ行った。さらに、珪藻の産出傾向から ~ の珪藻帯を設定し、環境復元に利用した。



図 7. 津波堆積物を挟む微細なシルト層から採取された木片や合弁二枚貝。

