

3. 3. 2 内陸活断層モデル化の研究

3. 3. 2. 1 地質・変動地形によるモデル化

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 地質・変動地形によるモデル化

(b) 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	助教授	佐藤 比呂志	satow@eri.u-tokyo.ac.jp
千葉大学理学部	教授	伊藤 谷生	tito@earth.s.chiba-u.ac.jp
千葉大学理学部	教授	宮内 崇裕	tmiya@faculty.chiba-u.jp
秋田大学工学資源学部	助教授	佐藤 時幸	toki@ipc.akita-u.ac.jp
東京大学地震研究所	特任研究員	松多 信尚	matsuta@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	特任研究員	河村 知徳	tkawa@eri.u-tokyo.ac.jp
産業総合研究所	研究員	石山 達也	t-ishiyama@aist.go.jp
東京大学地震研究所	技術職員	荻野 スミ子	sumi@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学大学院理学系研究科	大学院生	木村 治夫	haruo@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学大学院理学系研究科	大学院生	加藤 直子	naoko@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学大学院理学系研究科	大学院生	岡田 信介	s_okada@eps.s.u-tokyo.ac.jp
山梨大学医学工学総合教育部	大学院生	楮原 京子	g03mf004@ccn.yamanashi.ac.jp
東北大学大学院理学研究科	大学院生	千代 延俊	chiyonobu@keigo.mine. akita-u.ac.jp

(c) 業務の目的

内陸活断層から発生する地震による強震動を予測するためには、震源断層のパラメーターを推定する必要がある。ほとんどの内陸活断層は、地震発生層中では固結しているため、地震活動などから直接震源断層のパラメーターを求めることは難しい。地震発生層を断ち切るような大規模な内陸地震では、地表にも変形の痕跡を残すために、変動地形学的・地質学的な活断層調査によって、震源断層のパラメーターをある程度推定することは可能である。このためには、地表近傍の活断層と地震発生層に位置する震源断層との関係、すなわち活断層-震源断層システムについての理解が必要となる。

本プロジェクトは、首都圏・近畿圏周辺に位置する活断層群について、地質学・変動地形学的アプローチによって、強震動予測に必要な震源断層モデルパラメーターについて最も妥当な値を推定することを目的としている。具体的には、浅層反射法地震探査などにより詳細なイメージングを行い、大深度弾性波探査の成果を取り入れて活断層-震源断層システムの形状や連結関係を明らかにし、変動地形学的手法や浅層ボーリングによって変位速度を求める。

また、精度の高い強震動予測を行うためには、平野を構成する堆積盆地の構造や物性を明らかにする必要があるが、新第三紀に不整合やいくつかの構造運動を経ている関東構造盆地については、層序や年代などの基礎的な地質情報が必要となる。このため、秋田大学に保管されている関東周辺の既存のボーリング試料について、浮遊生微化石について検討を行い、層序と堆積年代についての資料を収集し堆積盆地の地下構造についての基礎資料とする。

(d) 5ヵ年の年次実施計画:

1) 平成14年度:南関東地方に分布する最も平均変位速度が大きい活断層の一つである国府津-松田断層においてボーリング調査を行い、平均変位速度についての調査研究を行った。

2) 平成15年度:神縄-国府津-松田断層系の足柄平野北端部に位置する松田北断層において変動地形調査を行い、その地下形状を明らかにするための反射法地震探査を行った。関東平野下のボーリングデータによる生層序による年代決定。

3) 平成16年度:近畿三角帯の東端部に位置し大きな平均変位速度を示す養老断層の地下形状を明らかにするため、浅層反射法地震探査を行う。関東平野下のボーリングデータによる生層序による年代決定。

4) 平成17年度:首都圏西部地域の活断層について、浅層反射法地震探査を行い、平均変位速度を求める。既存データを加え、首都圏周辺地域の内陸活断層の断層パラメーターについてのとりまとめを行う。関東平野下のボーリングデータによる生層序による年代決定。

5) 平成18年度:琵琶湖西縁活断層系についての浅層反射法地震探査を行い、浅層部での分岐断層の有無を含め断層形状を明らかにする。既存データを加え、近畿圏周辺地域の内陸活断層の断層パラメーターについてのとりまとめを行う。関東平野下のボーリングデータによる生層序による年代決定ととりまとめ。

(e) 平成15年度業務目的

国府津-松田断層の平均実変位速度を明らかにし、プレート境界から分岐するこの断層系の運動について定量的に理解するための基礎資料を収集する。このため、平成14年度に実施した国府津-松田断層でのボーリングデータの解析を行い、平均変位速度を求める。また、地下の断層形状が不明な松田北断層について反射法地震断層を行い、第四紀後期における断層の平均変位速度を求める。

(2) 平成15年度の成果

(2-1) 足柄平野北縁、松田北断層における浅層反射法地震探査

佐藤 比呂志・木村 治夫 (東京大学地震研究所)

伊藤 谷生・宮内 崇裕 (千葉大学理学部)

河村 知徳・松多 信尚 (東京大学地震研究所)

石山 達也 (産業総合研究所)

荻野 スミ子・加藤 直子 (東京大学地震研究所)

岡田 信介 (東京大学大学院理学系研究科)

楮原 京子 (山梨大学医学工学総合教育部)

(a) 業務の要約

プレート境界断層から派生する屈曲した形状を示す国府津-松田断層系の運動が、フィリピン海プレートの北西進とどのような関連性をもっているかを運動学的システムとして理解することは、将来の断層運動を理解するためには基本的である。このため、地下形状が判明していない松田北断層について、浅層反射法地震探査を行った。断層を横切る丘陵斜面上の3.2kmの測線に対して、中型油圧インパクトを震源とし、受振・発震10m間隔で共通重合点反射法によりデータを取得した。ショット記録から判断して、北傾斜の低角度の断層の存在が推定され、地下数100mまでの断層形状を明らかにするための基礎データが得られた。

(b) 業務の実施方法

地下のプレート境界断層から派生して地上に現れていると考えられている足柄平野東縁の国府津－松田断層については数多くの地形地質学的研究により上下変位速度が求められている。また反射法地震探査によってその地下構造も明らかにされ、これらから実変位速度や水平短縮速度を求めることができる。しかし、国府津－松田断層の北西延長部にあたる足柄平野北縁部に位置する松田北断層では、上下変位速度は求められているものの、断層の地下構造が知られていないために、実変位速度や水平短縮速度は求められていない。プレート境界断層から派生する屈曲した形状を示す国府津-松田断層系の運動が、フィリピン海プレートの北西進とどのような関連性をもっているかを運動学的システムとして理解することは、将来の断層運動を理解するためには基本的である。このため、地下形状が判明していない松田北断層について、浅層反射法地震探査を行った。

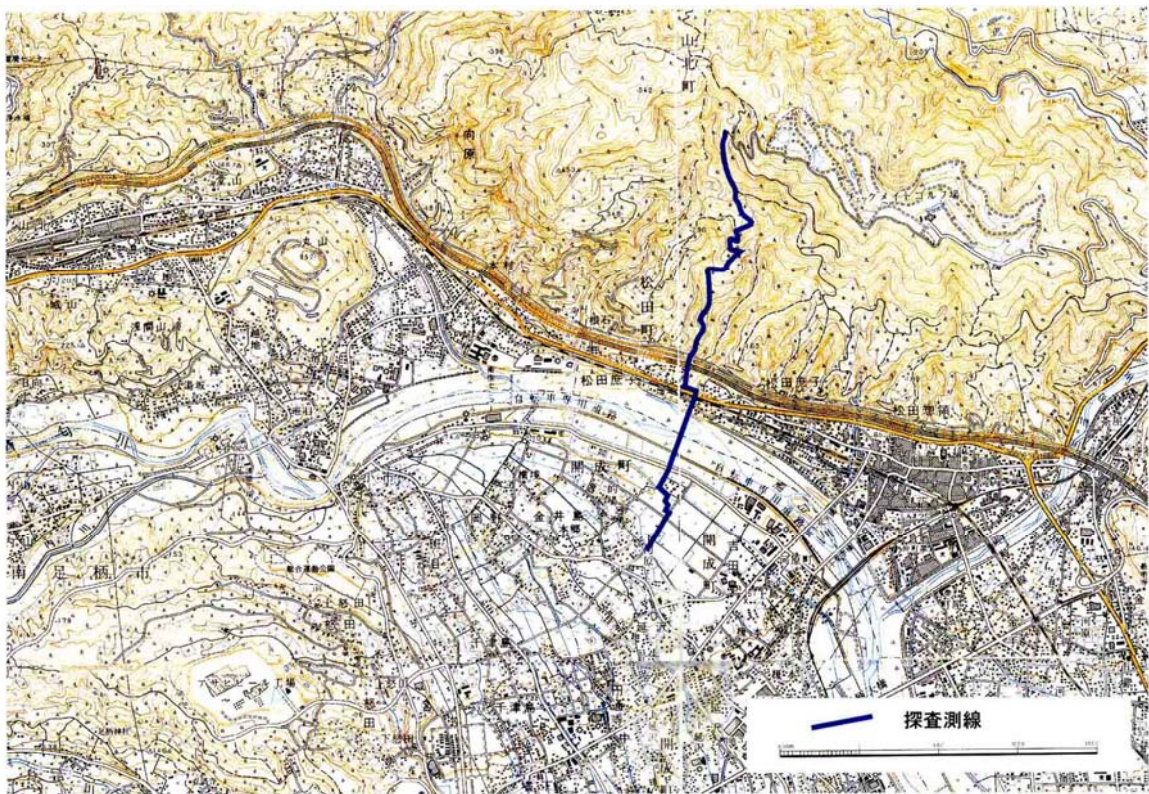


図1. 松田北断層、浅層反射法地震探査測線図。

探査測線は足柄平野の足柄上郡開成町金井島地区から酒匂川をこえて、足柄山地内の足柄上郡松田町最明寺史跡公園に至る、約 3.2km、標高差約 400m の区間である (図1)。探査測線は主要な地質構造及び活断層である松田北断層の走向にできるだけ直交するように設定した。

松田北断層は足柄平野北縁部に位置し、足柄平野と松田山地域 (足柄山地東部) の明瞭な地形境界を成している (図2)。松田北断層の上盤側にあたる松田山地域には南斜面の 150~200m、200~250m の段丘面、及び尾根の 500~550m の平坦面が見られる。これらのうち 150~200m の段丘には 60~65ka の箱根新期軽石流 1) が含まれる 2) 。この段丘と下盤側との高度差から上下変位速度は 1mm/yr 以上と見積もられている 3) 。また、200~250m の段丘と松田山の間に松田山麓断層が推定されている 3) 。なお、松田北断層の南東延長部にあたる国府津－松田断層については上下変位速度が 2~5mm/yr と見積もられ

3)。また、断層面は高角であることが知られており 4)、水平短縮速度も約 2~5mm/yr であると考えられる。

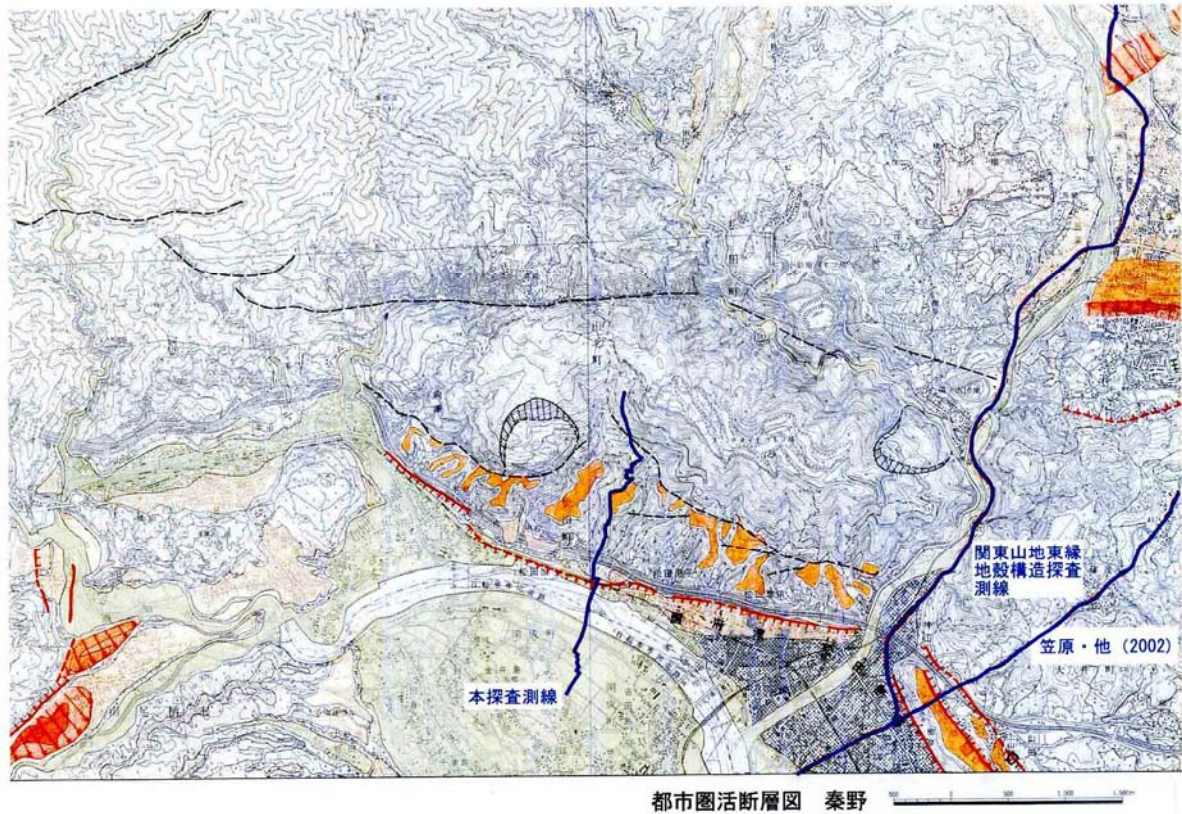


図 2. 松田北断層周辺の活断層分布と既存反射法地震探査測線。

データ取得は共通反射点重合法を用いて実施された。観測実施期間は、2004 年 2 月 29 日から 3 月 8 日である。測定仕様は表 1 に示す。本調査では 300 チャンネルを使用し、受振点間隔・発震点間隔は 10m である。受振点は 300 チャンネルで固定し、発震点のみを移動させた。使用した受振器の固有周波数は 10Hz であり、3 個を一組として 1 受振点に設置した。測線は急傾斜地であったため、バイブレータによる発震が困難であった。このため傾斜地でも発震可能な地球科学総合研究所 (株) の中型油圧インパクター JMI-200 (図 3、4) を震源として仕様した。発震点に対して標準 10 回のスタッキングを行った。記録システムは東京大学地震研究所の地球科学総合研究所 (株) 製作 GDAPS-4 を使用した。また、サンプリング間隔は 1msec 及び 2msec で記録長は 3 秒とした。なお、測線南部において酒匂川を横切ってケーブルを展開することが困難であったため、受振点 RP1156 と RP1157 の間はマイクロウェーブ無線機 (Paso-link) を使用してデータを転送した。

表1 松田北断層反射法地震探査仕様。

Source information

source	Yuatsu Impactor JMI-200
No. of stacks	10 (standard)
shot interval	10 m

Receiver information

receiver interval	10 m
No. of channels	300 ch
natural frequency	10 Hz

Recording information

instruments	GDAPS-4
sampling interval	1 msec, 2 msec
recording length	3 sec



図3 中型油圧インパクトター JMI200。



図 4. 発震時の中型油圧インパクトター。

(c) 業務の成果

得られたショット記録は、通常の共通反射点重合法による解析作業を行っている。得られたショット記録 (shot gather) の例を図 5 に示す。このショット記録は上盤側で得られているもので、往復走時 600ms までは、北傾斜の反射層が卓越している。往復走時 700ms より大きな領域では、やや傾きの大きな北傾斜の反射波が卓越する。下盤側でのショット記録では浅部でやや北傾斜を示すほぼ水平な反射層が卓越するのに対して、上盤側のショット記録では浅部で北傾斜の反射波が卓越する。得られたショット記録から判断して、変動地形学的に推定されている丘陵と平野の境界部に北傾斜の断層が存在している可能性が高い。

(d) 結論ならびに今後の課題

松田北断層の浅層反射法地震探査を実施し、地下数百メートルまでの断層形状を明らかにするための基礎データを収集した。観測記録から判断して、北に低角度で傾斜した形状を示す可能性が大きい。データ取得作業を年度末に実施したために、解析作業が進行していない。今後、得られた波形データについて共通反射点重合法による解析を行い、地下構造とくに断層の形状を明らかにし、変動地形学的データに基づいて松田北断層の実変位速度を明らかにする予定である。

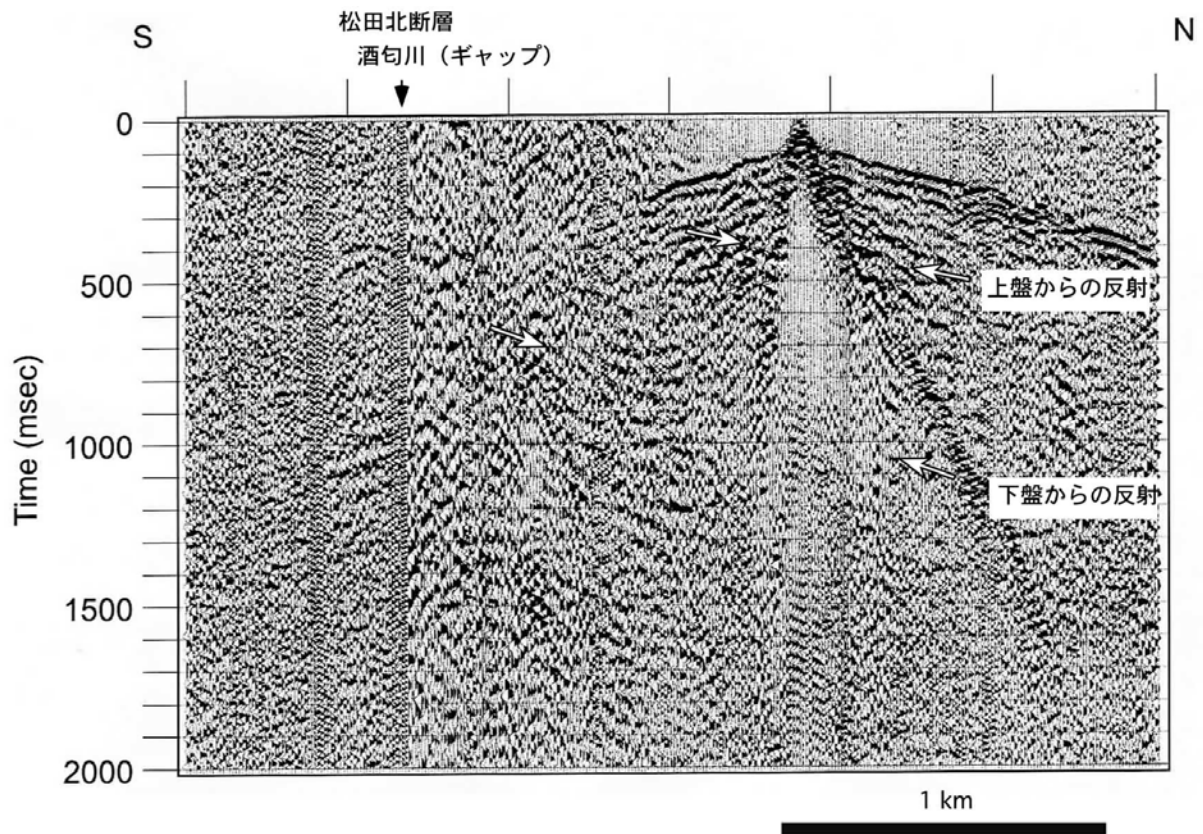


図5 得られたショット記録 (Shot gather) の例

(e) 引用文献

- 1) 町田 洋, 新井房夫: 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, 336pp, 2003.
- 2) 山崎晴雄, 町田 洋: 足柄平野北縁の活断層と地形発達, 日本第四紀学会講演要旨集, Vol. 11, pp. 96-97, 1981.
- 3) 活断層研究会: 新編 日本の活断層—分布図と資料, 東京大学出版会, 448pp, 1991.
- 4) 笠原敬司, 田中 環, 井川 猛, 太田陽一, 川崎慎治, 伊藤谷生: 足柄・丹沢地域における防災科学技術研究所反射法地震探査 90-AS, 91-TAN データの再解析, 地震研究所彙報, Vol. 77, pp. 267-275, 2002.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

なし

(g) 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

(2-2) 中深度ボーリング調査に基づく国府津松田断層の完新世地震性地殻変動

宮内崇裕 (千葉大学理学部)

小島 淳・大野 恵 (千葉大学大学院自然科学研究科)

上杉 陽 (都留文科大学)

佐藤比呂志 (東京大学地震研究所)

(a) 業務の要約

本研究では、プレート境界から派生する活断層として高い活動性を保持する国府津松田断層の形状・完新世運動像・活動履歴を明らかにすることを目的としている。本年度は100mボーリングによるコアの解析・ ^{14}C 年代測定を実施し、断層面の傾斜を求め、ならびに断層周辺の上下変動について検討した平成14年度の研究で行った。断層上盤側(隆起側)の海成段丘の離水年代調査結果と合わせて検討した結果、国府津松田断層は東へ60度以上で傾く逆断層の形状を持つこと、過去7000年間に断層の運動による上下変位量は38m程度(海面に対する隆起量は33mほど、海面に対する沈降量は5m程度)で平均上下変位速度は 5.4mm/ka とかなり高速であること、最新活動期は海成段丘のIV面以降V面以前であるらしいことがわかった。しかし、下位の海成段丘群の離水年代を明らかにできなかったため、国府津松田断層から発生する大礫型地震ならびに大正型地震の発生間隔についての詳細は不明である。

(b) 業務の成果

はじめに

国府津松田断層は、伊豆弧(フィリッピン海プレート)が本州弧(ユーラシアプレート)に衝突するフロントに発生した活断層であり、地形境界断層から平野部へ断層上盤の領域を広げる断層システムを構築しつつある段階にある。1990年代前後の研究成果に基づき、地震調査推進本部地震調査委員会1)は、本断層は約3000年前に活動し、活動間隔は3000年程度、単位変位量は10m程度、地震規模はM8程度、そして今後数百年以内に同程度の地震が発生する評価を行った。しかし、最近、本断層の活動性についてトレンチ調査によって検証され、最新活動期は12-14世紀で最近4000年間に少なくとも2回の活動がりあったらしいとする新データが提示され2)、従来の評価を見直す段階に来ている。本断層から発生する地震の性状は、首都圏への近接性からみても重要であり、防災的側面から鑑みても確実な資料が必要とされる場所である。

本業務では、国府津松田断層及びそのシステムから発生した地震イベントの活動履歴および地震性地殻変動の様式を解明するために、断層を挟む上盤・下盤においての100mボーリングを実施し、そのコアから堆積環境の変化を読み取り、地層の堆積年代を知るために ^{14}C 年代測定を行った(図1)。こららの結果に基づいて、とくに下盤(沈降側)の古環境変遷と平野の形成過程を復元するとともに、前年度行った隆起側(大礫丘陵)の陸化プロセスの結果を考慮することによって、国府津松田断層およびその断層システムから発生した地震性地殻変動の累積過程について検討した。

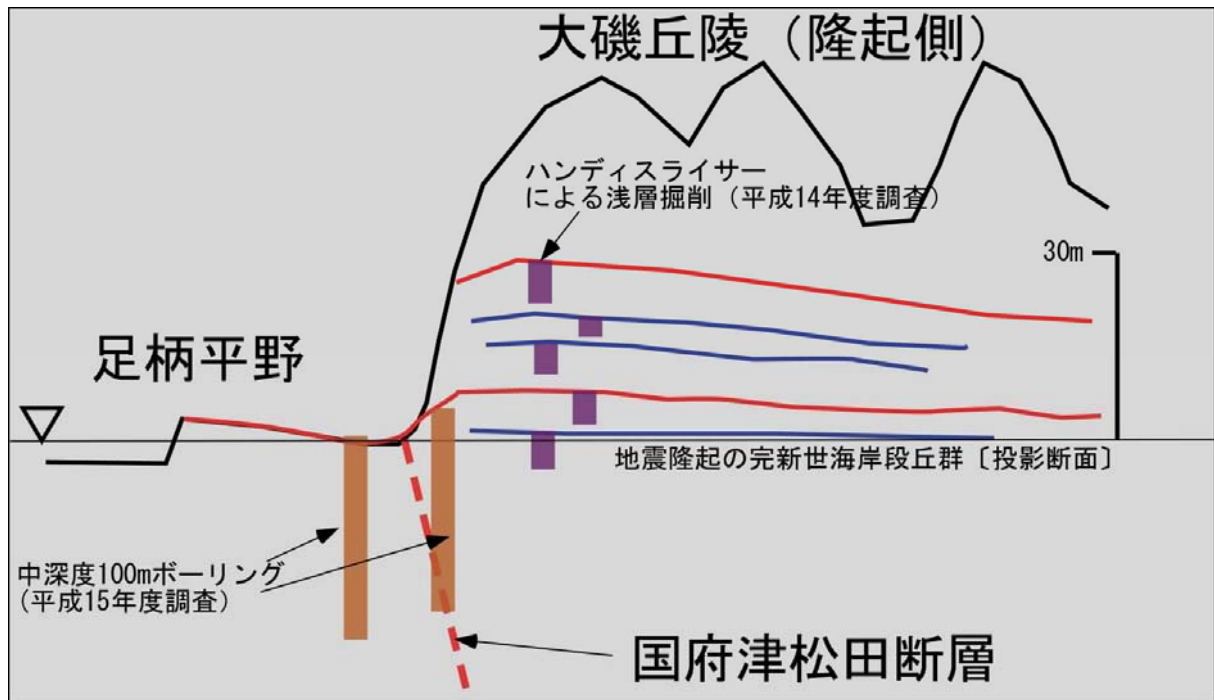


図1 国府津松田断層を横断するボーリング調査概念図

ボーリング掘削地点の概要

いわゆる国府津松田断層は、足柄平野の北縁を東西に限り、さらにその東縁を限るように北西南東に伸び、さらに相模湾トラフへ続く。その陸上部の南端は、完新世海成段丘を撓曲変形させるか形状をもって国府津海岸を横断している（図2）。ボーリングサイトは、この撓曲変形を挟むように森戸川低地（No.1、下盤）と現成の国府津海岸（No.2、上盤）の2点にセットした。両者の水平距離は415mである。下盤No.1は、森戸川が大磯海岸より伸びる海成段丘IV面を侵食するように分布する河岸段丘面上にある。上盤No.2は、完新世高位海成段丘上での掘削を企画したが、用地確保と作業スペース確保の問題があり現成海岸上での掘削となった。掘削作業は、いずれも機械ボーリングによるオールコア採取方式で行った。コア径は66mmである。コアサンプルは、1m単位×5本を木箱に収納し保管した。コアにおいてとくにルーズで未固結な部分はコアバックチューブに入れて層位の逆転がないように注意した。

この付近の国府津松田断層の上下変位速度は、最大3.5mm/年に達し、断層下盤とされる足柄平野東部の地形は、累積沈降を示す低地ではなく、完新世海成段丘（鴨宮面）の存在から国府津松田断層の活動ではないタイプの地震隆起がひろく起こってきたとされ³⁾、複雑な地震性地殻変動が推定されている地域である。

結果と考察

1) コアの岩相層序・C14年代測定・環境解析

下盤側でのNo.1コア（標高8m）は全長104m、コアの採取率は90%程度（未固結砂礫層が一部欠落）である。深さ方向の数値は標高に換算表示してある。コアの岩相記載に基づいて、上位から河川性堆積物よりなる非海成層（Uf層）、貝化石を含む泥層・fan delta 礫層からなる海成層（Mm）、腐植質土層・軽石を含む河川性堆積物よりなる非海成層（Lf層）と3つに大別される（図3）。上盤側でのNo.2コア（標高2m）は全長100m、磁性のある箱根火山由来の安山岩などを主とする一連の扇状地性礫層であり、大磯丘陵をなす曾我山層（中期更新統）に対比される。

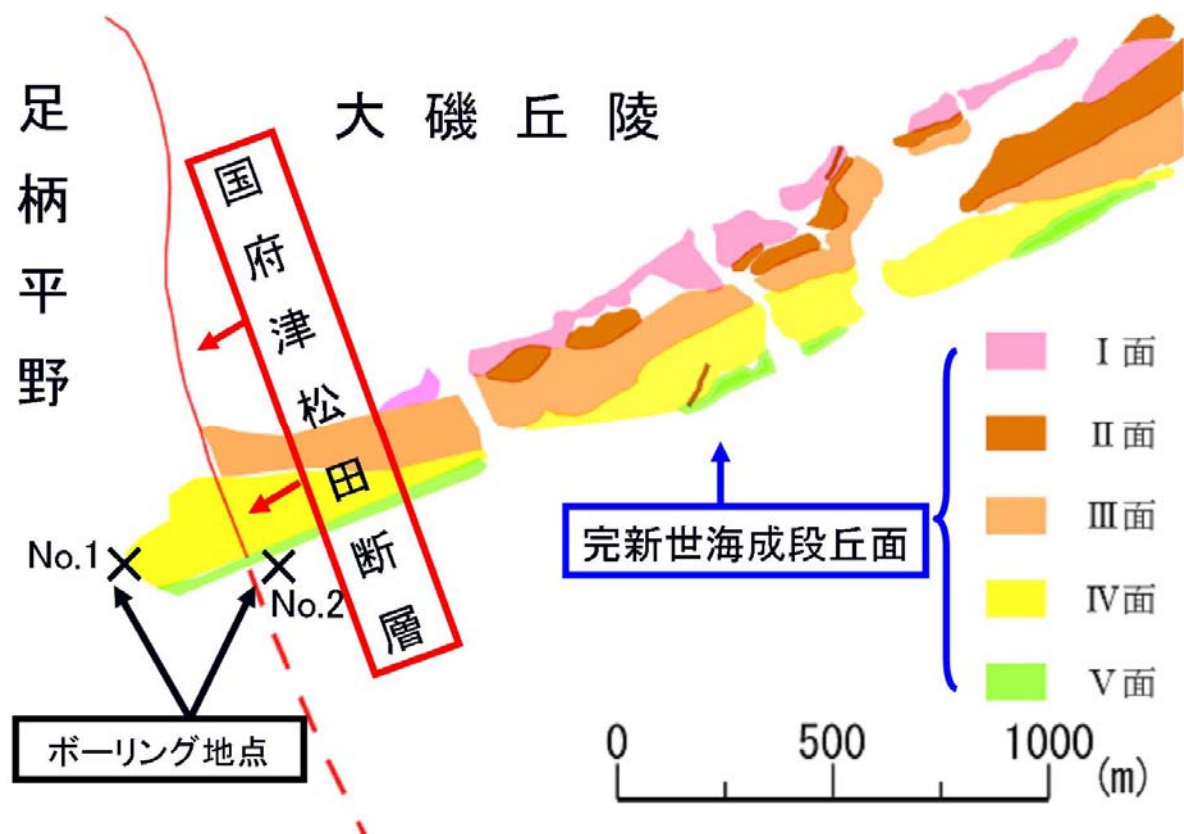


図2 大磯海岸周辺の海成段丘の分布と国府津松田断層のトレース

<Uf層>ボーリングを行った地表面(標高7m)から約-5mまでに見られる非海成層であり、大小様々な礫を淘汰の悪い砂が充填物する堆積層として特徴づけられる。富士山起源の溶岩礫や丹沢山系の火山岩礫が多く見られることから、酒匂川本流性の河川堆積物と考えられる。鍵層として+1~3mほどに御殿場泥流(2300年前)、-2mほどに湯舟第1スコリア層(?), -4mほどにもスコリア質火山灰層が見られる。本層最下部の-4.6mの腐植質土層からは7075 CalBPを得た。

<Mm層>-5~-17mでは、粗粒砂と大・中礫の互層が認められる。扁平な円礫を多く含むことから、このゾーンの砂礫層は酒匂川のfan deltaが直接相模湾へ流入する河口部に堆積した海成/河成境界層と判断される。-17mから-42mまでは、主に暗色から灰色の泥からなる内湾性堆積物であり、古相模湾内の海成層である。この泥層上部では、全体として砂質になる。この泥層は所々に貝化石を含み、標高-17mから-44mにシオヤガイ(*Anomalocardia squamosa*)・イボウミナ(*Batillaria zunalis*)・カニモリガイ(*Rhinoclaris kochi*)など潮間帯に棲む種が多数確認された(表1)。Dual valveの状態で見られるものも多く、ほとんどは原地性と推定される。貝化石からは、8745 CalBP. (-17.5m)~10160 CalBP. (-41.5m)のC14年代を得た。上位ほど新しい年代を示しており、顕著な年代の逆転はない。岩相や貝化石の産状からみて、Mm層は完新世海進に伴う内湾堆積物と判断され、そのC14年代は約1万年前以降の海進現象を示している。

<Lf層>-42mから-96mでは、腐植質土層(木片含む)・砂礫よりなる河川堆積物・軽石層などの互層からなる陸成層である。-85m以深では、顕著な軽石層が数枚認められるとともに、礫層中にも軽石礫が多く混入する。-57m付近の腐植質土層からはCalBP 11060を、-89m付近の木片からはCalBP 42,680の

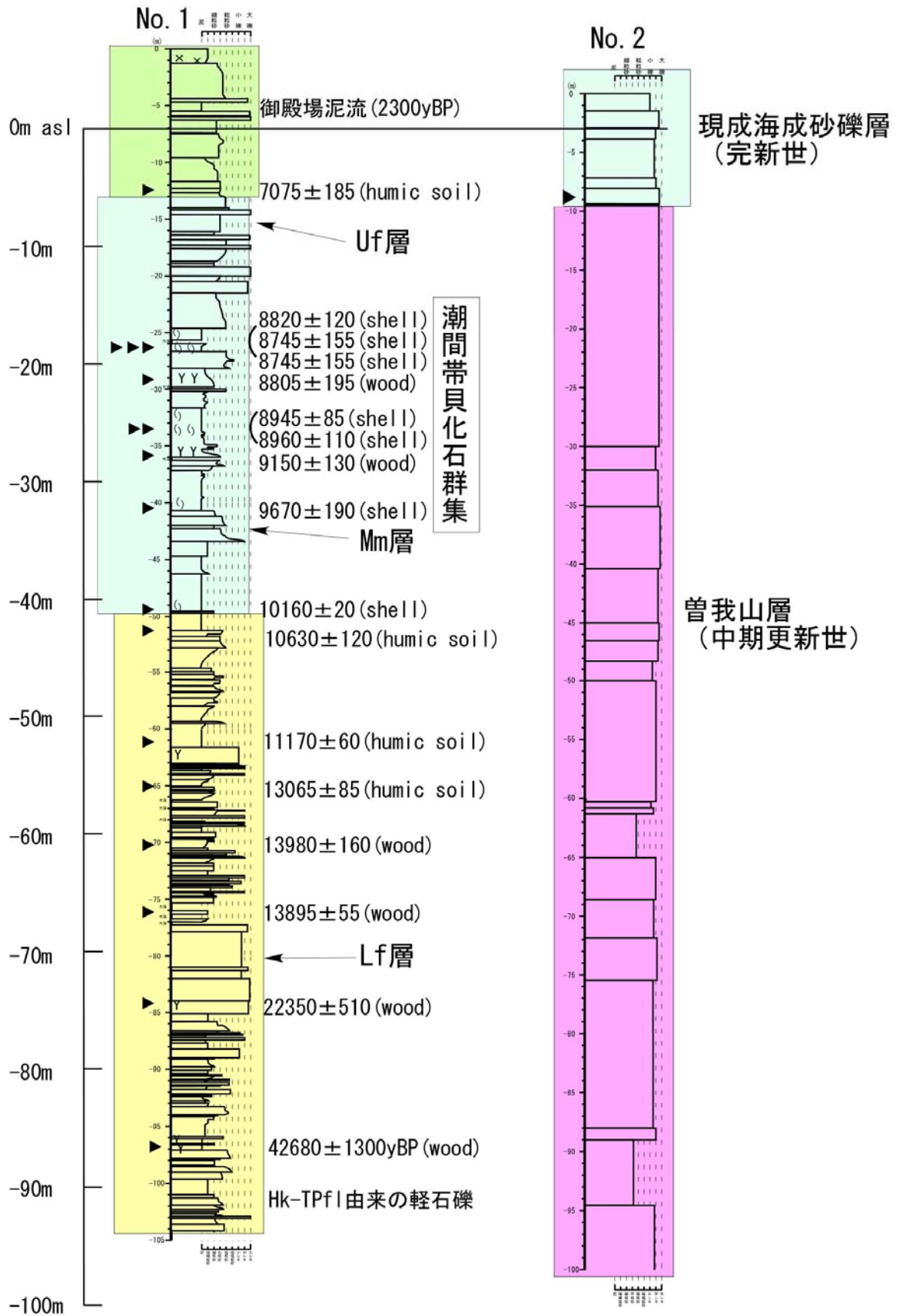


図3 ボーリングコア柱状図・層相解析と14C年代測定。

表1 ボーリングコア No.1 (断層下盤側) で採取した試料と 14C 年代
貝化石の種の鑑定は、千葉大学教授大原隆博士に依頼した。14C 年代測定は地球科学総合研究所に依頼した

サンプル番号	試料の種類	標高(m)	Cal yBP
KMF1-soil-1	腐植質土壌	-5.5	7075±185
KMF1-shell-1	シオヤガイ	-19.6	8820±120
KMF1-shell-2	カニモリガイ	-19.6	8745±155
KMF1-shell-3	イボウミニナ	-19.6	8745±155
KMF1-wood-1	木片	-22.1	8805±195
KMF1-shell-4	イボウミニナ	-26.5	8945±85
KMF1-shell-5	アマガイ	-26.5	8960±110
KMF1-wood-2	木片	-28.8	9150±130
KMF1-shell-6	貝片集合体(ゴイザキほか)	-33.5	9670±190
KMF1-shell-7	貝片集合体(ゴイザキほか)	-42.4	10160±20
KMF1-soil-2	腐植質土壌	-44.2	10630±120
KMF1-soil-3	腐植質土壌	-54.2	11170±60
KMF1-soil-4	腐植質土壌	-58	13065±85
KMF1-wood-3	木片	-63.3	13980±160
KMF1-wood-4	木片	-69.2	13895±55
KMF1-wood-5	木片	-77.1	22350±510
KMF1-wood-6	木片	-89.9	42680±1300

年代を得た。-90m 前後の礫層中には、円磨された白色軽石や火砕物質が多く含まれており、箱根東京軽石流の2次的な堆積物と考えられる。岩相・C14 年代測定の結果は、Lf 層の堆積は、最終氷期後半の海面低下期に古酒匂川が網状流を呈していた様子を示唆している。

2) 断層面の傾斜

415m 離れた2点のボーリング地点は、国府津松田断層の陸上トレースは協面の撓曲地形（見かけ上）を挟むように設置されている（図2）。断層崖の推定通過地点は下盤ボーリングサイト No.1 から東へ約340m 付近である。上盤ボーリングサイト No.2 の地下100m までにある、大磯丘陵の主部をなす礫層主体の曾我山層（中期更新世）中には断層運動に伴う礫の変形・破碎構造などは全く見られない。また、No1. にみられる堆積物は最終氷期以降（約5万年前以降）に平野を埋積してきたものである。これらの地下情報から判断しても、国府津松田断層は両地点の間を通過していることは疑いない。したがって、国府津松田断層は少なくともNo.2の直下-100mより下位にあり、陸上の変位地形との間を断層構造としてみると、断層面は東へ少なくとも60度傾斜していることが推定される（図4）。反射法地震探査（地下1km程度）による解釈では、本断層の傾斜は50°前後の高角なイメージが描かれており4)5)6)、地表近くにおいてもその形状は大きく変わらないようである。

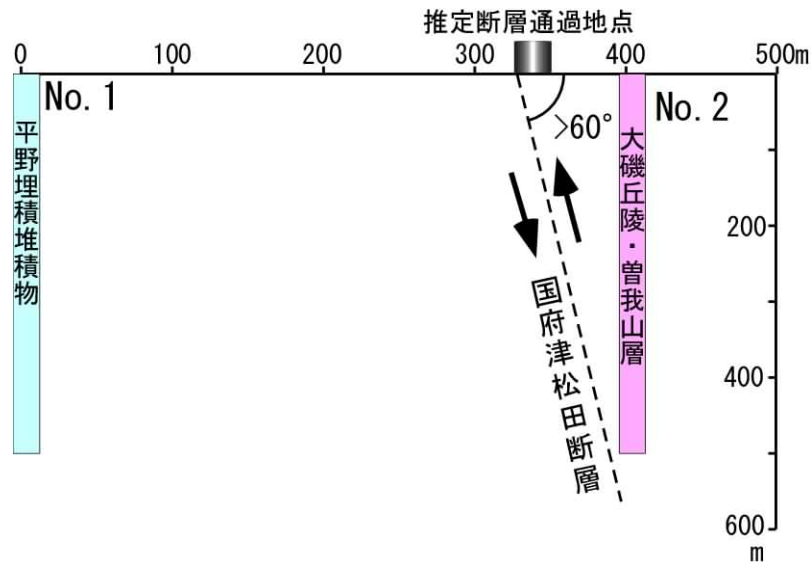


図4 ボーリングコアの解析からみた国府津松田断層の形状

3) コアおよび海成段丘から読み取れる完新世地震性地殻変動

岩相・ ^{14}C 年代・海成層の堆積環境を基準としてみると、陸成層であるUf層は約7000年前後以降の河川性堆積物である。その下限が -5m ほどであることから、Mm層の上限は7000年前頃に離水したことになる。この層準は、No.1より北へ約1kmで掘削されたコア中のアカホヤ火山灰（暦年較正で7.3ka, -3m ほど）とほぼ同じである7）。最近の同位体分別補正を行い、換算曲線に従うと完新世海進の最大海進期（ヒプシサーマル）は、従来より1kaほど古くなり、アカホヤ火山灰の直後の7kaとなる8）。この時期の海面高度は $+2\text{m}$ 程度という定説（9）などがこれまで基準となってきたが、種々の地殻上下動変位要素を考慮すると絶対的な海面変動曲線を定点において描くことは難しい10）。最終氷期以後の氷床融解モデルによる海面変化曲線を基準11）として、Mm層が離水した7ka頃の完新世海進ピークの海面を現海面と同じ 0m と仮定すると、それ以後Mm層上限は見かけ上沈水せず現海面下 -5m ほどまで沈降してきたことになる。このような垂直変動を断層運動と関連づけながら、さらに隆起側海成段丘の年代と高度を参照することによって、本断層システムから発生した地震性地殻変動の性状を以下のように知ることができる。

国府津松田断層の地震性地殻変動

断層上盤（隆起側）には、少なくとも6段（I面～VI面）の完新世海岸段丘が分布する（宮内ほか、2003b）。最高位I面の高度は $32\text{--}34\text{m}$ に達し、II面の離水は約5000年前頃と推定されているので、I面を完新世最大海進期ごろ（7ka）の形成と考えることができる。これに基づいて、Mm層の上限とI面の形成年代がほぼ同時期と対比すると、海面に対し隆起量成分が 33m ほど、沈降成分が 5m ほどとなり、すなわち国府津松田断層の運動に伴う垂直変動量は 38m となる（図5）。平均変位速度でみると 5.4m/ka となり、日本列島の陸上活断層のなかでも最速の部類であり、本断層は逆断層の前進過程システムを作りつつある現段階6）においても、依然高い活動性を保持していることを示している。本断層から発生する地震は、後述するように大磯丘陵と足柄平野に示差的垂直変動を与え、地形的分化を促すタイプの大磯型地震13）と呼ばれるものである。

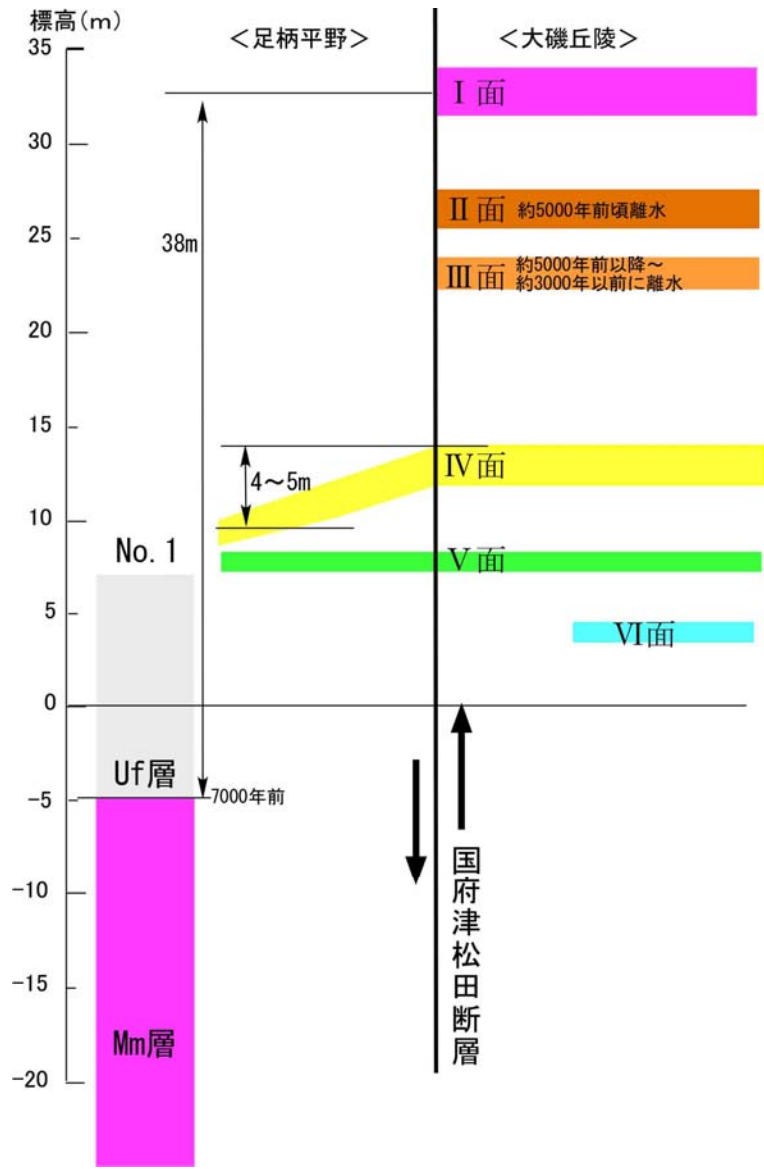


図5 コアと海成段丘の高度分布からみた国府津松田断層の運動による上下変位

国府津付近から森戸川低地にある下盤地域には、IV面とV面が分布し、IV面には見かけ上撓曲変位が上下成分として4~5mほど認められるが、V面には顕著な変位が認められない(図5) すなわち、国府津松田断層はIV面離水後、V面離水以前に活動したことが読み取れる。IV面、V面の離水年代は不明であるため、その最新活動期を現時点では特定することはできない。また、IV面の西端は森戸川によって侵食されているので4~5mは真の上下変位量(あるいは単位変位量)を示しているかどうかは不明である。国府津松田断層運動時の単位変位量が不明なので、38mの上下変位量における地震イベントの回数・発生間隔を求めることはできない。同様の地形地質学的資料に基づいた山崎(1993)によれば、下盤側に分布する海面前後で形成された鴨宮面(標高5m前後、2300年前が離水年代とされているが、CalBPに直すと千年くらい古く3300年前ころになる)は、大磯型地震による変位を受けていない段丘である。断層変位を受けていないことを基準とすると、この鴨宮面は上盤側のV面あるいはVI面に対比されることになる。しかし3000年前前後の離水年代という観点からみると、III面あるいはIV面に対比される可能性もあり、足柄平野側の地殻変動について再検討する必要性が生じてくる。また、神奈川県(2003)が報告したように、本断層の最新活動期が12~13世紀、活動間隔が約2000年、単位変位量が2m程度という

評価と比較してみても、整合する点は見いだせない。もし、単位変位量が2mであるとすると、38mの上下変位量は19回分の地震イベント・370年の短周期再来間隔となり、史実などとも整合しない。このように不確定な点が多いので、IV面～VI面の離水年代に関する精査が不可欠である。さらに平均変位速度5.4mm/kaという値のもつ意味も、従来の松田式とは切り離して、プレート境界から派生する断層として再評価をすることが重要である。

大正型地震による地震性地殻変動の累積

上記のように、国府津松田断層から発生した大礫型地震は、足柄平野を海面に対して沈降させる成分をもつことがわかった。しかし、断層下盤側にはIV面、V面が存在し、それらの形成を大礫型地震の変動では説明ができない。1946年米軍撮影の空中写真の再判読をおこなってみると、足柄平野外縁から大礫海岸にかけて標高3m付近（推定）に小さな段丘地形（VI面と呼称）が点在している。これらは、国府津松田断層の運動による示差的変動では生まれぬ地形であり、足柄平野外縁から大礫海岸が一体的に隆起する運動を示唆している。このような地殻変動をもたらしたひとつのレファレンスは、1923年の大正関東地震である。このときの地殻変動は、大礫海岸から小田原付近までの海岸部は1.8–1.2mの隆起であり、海岸隆起現象が確認されている（陸地測量部、1926）。これに基づくと、IV面以降の離水・保存は繰り返し起こった大正型関東地震による広域隆起の累積と考えることができる。大正型地震時の隆起量を1.8m、逆戻りを1/3とすると、地震隆起残量は1.2mである。V面は標高8m程度にあるので、7回ほどの大正型地震を経験したことになる。V面の離水年代が未詳なので、大正型地震の発生間隔を求めることができないし、個々のイベントに対応した離水地形も認められない。大礫型地震の諸元推定での問題点同様、V面の離水年代情報が必要である。また、大正関東地震時の離水海岸地形は現在全く確認することができず、海岸侵食等で失われてしまっている。単位隆起量を1.2mとした場合、地形保存が相対的に良いと思われる侵食性の大礫海岸では、次の地震隆起までにおそらく離水地形はほとんど消失してしまうことが予想される。このため、大礫海岸では地震イベントの数に合った海成段丘の配列が保存されていないのであろう。とすると、比較的幅をもち保存の良い段丘面の離水は、大正型地震ではない、大礫型地震による隆起（海面に対して数m以上）を示唆しているのであろうか？

(d) 結論ならびに今後の課題

ボーリング調査に基づいて、国府津松田断層の形状として、東傾斜60度以上の逆断層であることは明らかとなった。また、過去7000年間における国府津松田断層の上下変位量は38mほど、その平均変位速度は5mm/kaを超えること、最新イベントは相対的にIV面以降V面以前であるも判明した。しかし、国府津松田断層の具体的な活動年代・単位変位量（海面に対する隆起分と沈降分の比）、大正型地震の発生時期と海成段丘の生まれ方には不明点を多く残したままである。今後、とくにIV面以降の新期段丘群の離水年代調査を行うとともに、国府津松田断層沿いに複数の地点で活動履歴調査を行うことも必須であろう。

(e) 引用文献

- 1) 地震調査推進本部地震調査委員会：神縄・国府津松田断層帯の調査結果と評価について、1997年8月6日公表，pp. 1-20, 1997.
- 2) 神奈川県：平成14年度地震関係基礎調査交付金事業 神縄・国府津松田断層帯に関する調査，活断層調査成果および堆積平野地下構造調査成果報告会予稿集，pp. 63-72, 2003.

- 3) 山崎晴雄：南関東の地震テクトニクスと国府津松田断層の活動，地学雑誌，102, 365-373.
- 4) 笠原啓司・田中環・太田陽一・川崎慎治・伊藤谷生：足柄・丹沢地域における防災科学技術研究所反射法地震探査 90-AS, 90-TAN データ再解析，地震研究所彙報，77, pp. 267-275, 2002.
- 5) 神奈川県：平成 13 年度地震関係基礎調査交付金事業 神奈川県活断層（神縄・国府津松田断層帯）調査事業成果報告書，127p, 2002
- 6) 宮内崇裕・田中環・伊藤谷生・佐藤比呂志・河村知徳・石山達也・加藤一・井川猛，反射法地震探査からみた神縄国府津松田断層システムの前進過程とアクティブテクトニクス，2003 年合同学会要旨，2003a.
- 7) 松島義章：相模湾北岸，足柄平野における沖積層の 14C 年代とそれに関する諸問題，第四紀研究，20, pp. 319-323, 1982.
- 8) 新井房夫・町田洋：新編火山灰アトラス，東京大学出版会，336p. 2003.
- 9) 太田陽子・松島義章・森脇広：日本における完新世海面変化に関する研究の現状と問題-Atlas of Holocene sea-level records in Japan を資料として-，第四紀研究，21, pp. 133-143, 1982.
- 10) 中田 正夫・Lambeck, K：後氷期海面変化とマントルレオロジー—南極の融解の歴史—，地震，第 2 輯，41, 3, 443-455, 1988.
- 11) Clark, J. A., Farrell, W. E and Peltier, W. R: Global changes in postglacial sea level: numerical calculation, Quaternary Res., 9, pp. 265-287, 1978.
- 12) 宮内崇裕・伊藤谷生・佐藤比呂志：掘削調査による国府津松田断層の活動履歴復元と断層形状，大都市大震災軽減化特別プロジェクト I 地震動（強い揺れ）の予測「大都市圏地殻構造調査研究」（平成 14 年度）成果報告書，pp. 250-255, 2003b.
- 13) 松田時彦：大礫型地震について，月刊地球，7, pp. 472-477.
- 14) 陸地測量部：関東震災地帯に於ける土地の隆起及沈下状態．地震研究所彙報，1, 65-68, 1926.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
宮内崇裕，小島淳， 大野恵，上杉陽	ボーリングコアの解析からみた足柄平野東縁部の古環境変遷と国府津松田断層の地震性地殻変動	2004 年地球惑星科学合同学会，幕張	平成 16 年 5 月 11 日

(g) 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

(2-3) 関東平野地下の石灰質ナンノ化石層序と地下地質構造

佐藤時幸 (秋田大学工学資源学部)

千代延俊 (秋田大学工学資源研究科)

(a) 業務の要約

本研究では、関東平野地下構造の解明を目的に、関東平野地下に掘削された温泉井の石灰質ナンノ化石調査を行った。本年度は50の温泉井試料の中から、豊島園および東京ドームの温泉井の石灰質ナンノ化石調査を行った。

両坑井とも石灰質ナンノ化石の保存状態は良いが、産出個体数は一部層準で悪い。しかし、いずれの坑井においても第四系下部の示準化石が明瞭に追跡される。すなわち、黄和田層下部の特徴種で、第四紀の1.73Maおよび1.65Maに出現する *Gephyrocapsa caribbeanica* と *G. oceanica*、および1.45Maと1.21Ma間に出現する大型の *Gephyrocapsa* が産出し、それより上位では石灰質ナンノ化石は産出しない。これらの事実は、東京中央部地下に分布する上総層群は1.65Maから1.21Ma間を中心に厚く分布し、1.21Ma以後は海成層が分布しなくなることを示す。

(b) 業務の成果

従来、関東平野地下に厚く分布する第四系地下層序は、200万年前から40万年前までの時間幅を持つ上総層群を、細分されないまま一括して検討されてきた。この事実は、第四紀における関東地域堆積盆地の構造発達史の詳細な復元に問題を残すことになる。

本研究では、秋田大学に保管されている関東平野の温泉井50坑井を対象に、第四紀の詳細な地質年代決定で注目されている石灰質ナンノ化石調査を行い、関東地下層序の確立と構造発達史の詳細な復元を目的としている。本年度の調査では代表的な二本の坑井、東京ドームとその西方に位置する豊島園の温泉井について調査を行った。

東京ドーム温泉井は深度1700mまで掘削され、岩相は450mまでが含礫砂岩と凝灰質砂岩、450mから800mまでが細礫を含む砂質シルト岩、および800mから1150mまでが砂質シルト岩、1150mから1700mまでが貝化石を含む含礫砂質シルト岩から成る。一方、豊島園温泉井は、深度400mまでが細礫や貝化石片を多数含む淘汰の悪い中粒から粗粒砂岩、400mから1100mまでが小礫をわずかに含む砂質シルト岩、1100m以深掘り止めの1450mまでが淘汰の悪い細流から中粒砂岩を挟在するシルト岩からなる。

東京ドーム坑井では、石灰質ナンノ化石は、比較的良好に産出した。1300m以深で前期鮮新世の指標種、*Reticulofenestra pseudoumbilicus* が、1250mと1290mには後期鮮新世を示唆する *Pseudoemiliana lacunosa*、*Discoaster brouweri*、*D. surculus* などが産する。深度950mから1200m間は、更新世の示準化石 *Gephyrocapsa caribbeanica* と *G. oceanica* いずれも認められず、また *Discoaster brouweri* も産しない。それに対し、884m以浅では佐藤ら(1999)が指摘した第四系石灰質ナンノ化石対比基準面の指標種が認められる。すなわち、更新世の示準化石で1.73Maおよび1.65Maに出現する *Gephyrocapsa caribbeanica* と *G. oceanica*、および1.45Maと1.21Ma間に出現する大型の *Gephyrocapsa* が884m以浅に産出し、120mより上位では石灰質ナンノ化石は産出しない。一方、その西方に位置する豊島園では、1340m以浅に第四紀示準化石の *Gephyrocapsa caribbeanica* と *G. oceanica* が産し、さらに600m以浅230m間では更新世中期の1.45Maと1.21Ma間に出現する大型の *Gephyrocapsa* が産出する。しかし、230m以浅では石灰質ナンノ化石は全く産しない。以上の結果に基づいて両坑井を対比すると次のようになる(図1)。

鮮新世／更新世境界は、豊島園が 1340m、後楽園ドームでは 884m にある。豊島園温泉井ではその上位、600m までが更新統下部の 1.44Ma から 1.65Ma 間に対比されるが、後楽園ドーム温泉井では、対応する層準が認められない。その上位、豊島園では 230m、後楽園ドームでは 120m より上位で石灰質ナノ化石が産出しなくなり、いずれも 1.21Ma 付近で浅海陸化した可能性を示唆している。

以上の結果は、関東平野地下における海成第四系の分布が、従来考えられていたものより極めて厚いこと、また、その年代が更新世初期で、大部分は黄和田層下部に対比されること、およびこれら海洋環境は、1.21Ma には海退し、浅海陸化したであろうことを示唆している。

(c) 結論ならびに今後の課題

石灰質ナノ化石からの地下層序の検討は、関東平野地下に分布する第四系を約 10 万年のオーダーで対比可能であることを明らかにした。また、調査結果は、第四系海成層の大部分が黄和田層下部に対比され、1.21Ma 以降、浅海、陸化した可能性を示唆している。

本研究では、関東平野の約 50 坑井のうち、2 坑井について検討したもので、今後、引き続き多くの坑井の石灰質ナノ化石調査を行うことにより、関東平野地下構造の詳細が明らかになるであろうことを示唆している。

(d) 引用文献

佐藤時幸・亀尾浩司・三田 勲：石灰質ナノ化石による後期新生代地質年代の決定精度とテフラ層序，地球科学 Vol. 53, No. 7, pp.265-274, 1999.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

発表者	題名	発表先	発表年月日
千代延俊, 佐藤時幸, 石川謙一	関東地方中央部における石灰質ナノ化石層序と地下構造	日本地質学会第 110 年学術大会	平成 15 年 9 月 21 日

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、使用・標準等の策定

なし

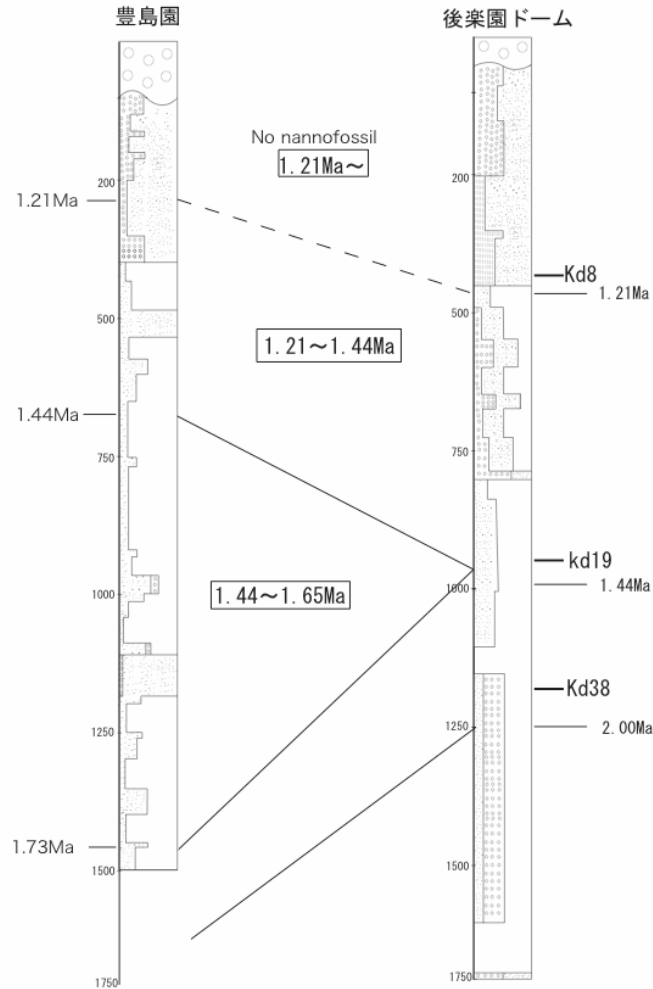


図1 豊島園および後樂園ドーム温泉井の石灰質ナノ化石に基づく対比。

(3) 平成16年度業務計画案

神縄-国府津-松田断層系の反射法地震探査解析と変動地形調査

平成15年度に取得された松田北断層の浅層反射法地震探査のデータ解析を行い、断層の地下形状を明らかにする、また、国府津松田断層の運動による大礫型地震の最新イベントを特定するための変動地池調査を行う。大深度弾性波探査のデータとも総合させ、足柄平野北縁部を含む神縄-国府津-松田断層系についての断層運動モデルを検討する。

養老断層における浅層反射法地震探査

平成16年度からは、近畿圏の活断層について調査研究を始める。今年度の調査は、近畿圏でも最大級の平均変位速度を示す養老断層を対象とし、この断層の詳細な地下構造を明らかにすることを第一の目的とする。

濃尾-伊勢断層帯は、第四紀以降に顕著な東西水平短縮が進行する近畿三角帯東縁部に位置し、同変動帯で最大級のすべり速度を有する南北走向の大規模逆断層帯である。その中でも、養老断層は最も大きい累積変位量を有する同断層帯の中心部であり、「濃尾傾動地塊」とよばれる新第三系-第四系の堆積盆地と養老・鈴鹿山地を分ける境界断層として、古くから注目されてきた。しかし、過去の反射法地震探査では、揖斐川などの大規模河川の影響で断層近傍の重合点が極端に減少するため、その詳細な地下構造は未だに得られていない。

本観測測線は、岐阜県南濃町・養老町付近に位置する(図1)。本測線は標高0m前後の低平な濃尾平

野を起点とする(国道 258 線交差点)。歴史時代の地震によって形成された養老断層の低断層崖を横断し、いわゆる養老断層崖とよばれる養老山地東麓斜面中部までの東西約 5km の測線で実施する。過去の観測とは異なり、断層崖基部の河川幅が約 5m と小さいので、観測点・発振点の減少を最小限に止めることができる。

本観測で得られる養老断層前縁の地下構造に加えて、同断層直下で起きた 1998 年 4 月 22 日三重県北部の地震 (M5.4) や表層地質などのデータを統合して、養老断層の地下形状を明らかにできると期待される。さらに、これまで実施された鈴鹿山地東縁断層帯や桑名断層の地下構造と総合させて、近畿三角帯東縁部を画する活動的な褶曲―衝上断層帯の地下構造が明らかになると考えられる。

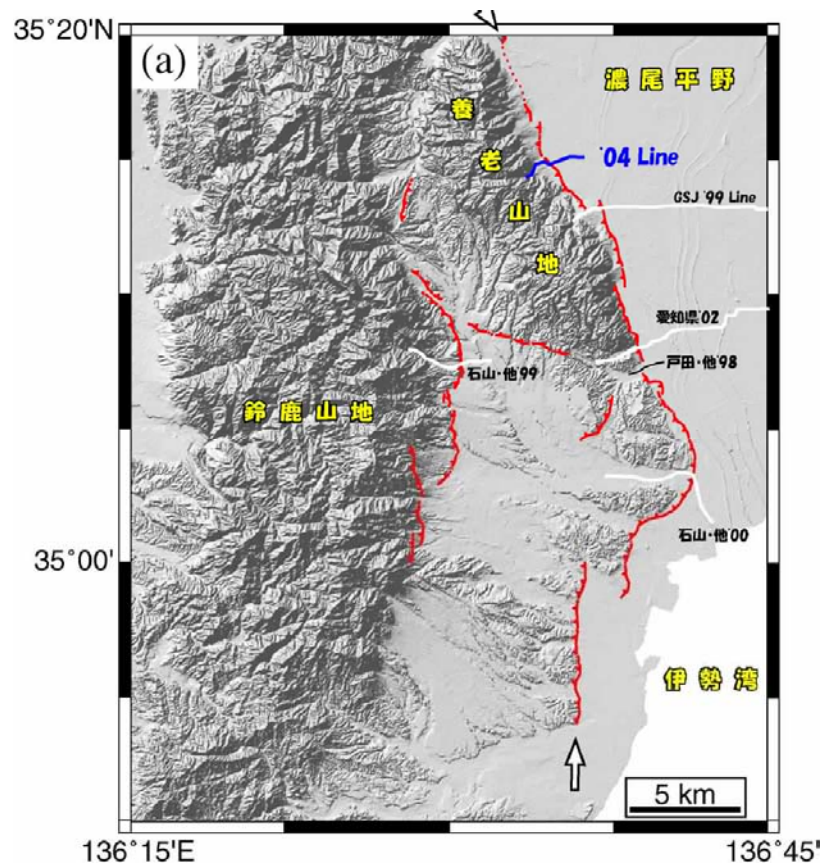


図 1 平成 16 年予定探査測線 (青線) と既存の反射法地震探査測線。

関東平野地下の石灰質ナンノ化石層序と地下地質構造

関東平野には、未だ未解析の数多くの温泉井があるが、平成 16 年度はその中から代表的な坑井 10 坑ほどを抽出し、それらの詳細な地質年代の決定、および坑井間対比を行い、平野地下における第四系分布様式を明らかにする。また、近年詳細が明らかになってきている海水準変動との関連も考察し、関東平野の地下構造とユースタシー変動との関わりあいについて検討する。

研究にあたっては、いずれの試料も平成 15 年度と同様にスミアスライド法で処理し、第四紀視準種の抽出に努め、高精度対比を試みる。また、群集解析からは黒潮の流路を念頭に置いた解析を行い、古地形変化と構造、古海流相互の関連性について解析を試みる。

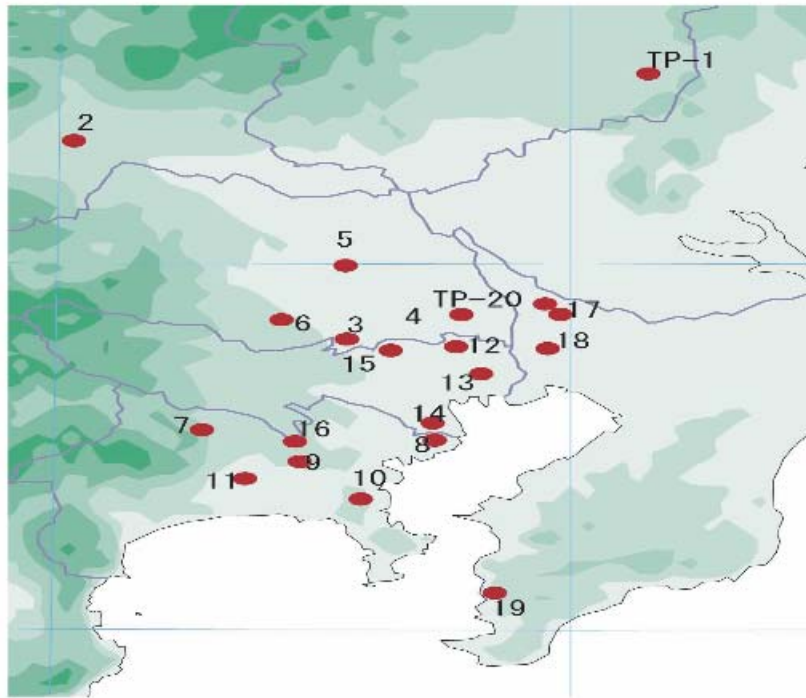


図2 本業務で調査対象とする温泉井の位置