



国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
第25回・第26回 地質調査総合センターシンポジウム

# 富士山5,000mの科学 —駿河湾北部の地質と自然を探る—

第25回 2017年9月21日 静岡県地震防災センター ないふるホール  
第26回 2017年10月10日 イイノホール&カンファレンスセンター Room A



主催  
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



協力  
産業技術連携推進会議 知的基盤部会 地質地盤情報分科会  
静岡県地震防災センター



## 目 次

まえがき .....	1
第 25 回 プログラム .....	2
第 26 回 プログラム .....	3
要旨 .....	4
【講演】	
海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」の成果と急務の課題 .....	7
静岡県富士川河口域における二次元反射法地震探査 .....	11
駿河湾海底下に眠る沿岸部の地形変動史，活断層 .....	15
陸上に延びる駿河湾の地質構造—富士川河口断層帯周辺の地形と地質— .....	17
富士火山地質図から見た噴火の特性 .....	21
富士山の地下水を探る .....	23
「想像力の欠如」に陥らない防災を .....	27
【ポスター】	
浮島ヶ原の沈降が示唆する富士川河口断層帯の活動 .....	31

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
第25回・第26回地質調査総合センターシンポジウム

## 富士山 5,000m の科学 — 駿河湾北部の地質と自然を探る —

### まえがき

地質調査総合センター(GSJ)では、持続可能な社会の発展に向けて、国土の成り立ち、地質災害、地下資源や地質環境の利用などについて、地質の調査を行い様々な形で成果を発信している。2016年には、海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」、特殊地質図「富士火山地質図(第2版)」、水文環境図「富士山」を出版した。これらの成果物は、駿河湾北部の海底から富士山頂まで標高差5,000mに及ぶ変化に富んだ地形や地質を対象としている。また、日本で最大クラスの平均変位速度をもつ富士川河口断層帯に関する情報も含んでいる。

本シンポジウムは、日本のシンボルである富士山とその周辺地域を例に、地質の調査や地質図類の編纂の過程で明らかになったことを広く紹介し、日本の地質と自然について国民の理解を深めて頂くために企画された。また、本シンポジウム開催はGSJ創設135周年を記念した事業の一環でもある。

本シンポジウムは、実際の調査を行った静岡県でまず開催し、続いて東京でも開催した。東京、つくば以外の都市でGSJシンポジウムを開催するのは初の試みである。研究テーマと最も関係が深い地域で、直接市民の皆さんとお話をさせて頂くことで、より効果的な成果普及を目指した。活断層や火山、あるいは地下水の研究などの知的基盤整備はGSJの主要ミッションの一つであるが、基礎的な情報であるために産業や社会生活に「橋渡し」するまでの道のりが長い。これを少しでも縮めることもシンポジウムの狙いである。

本シンポジウムの主テーマは「知っているようで知らない、富士山周辺の地質の話」であり、それを7件の口頭発表と合計6件のポスター発表で伝えることを試みている。発表は以下の観点から行った。

1. 海から陸へ続くプレート境界の複雑な地形と地質構造を紹介します。
2. 富士川河口断層帯って、何でしょう？
3. 駿河湾の海底はどうなっている？ 氷河期の地形などが隠れています。
4. 富士山の成り立ち、火山としての本当の姿を知っていますか？
5. 富士山周辺の豊富な地下水はどこから来るのでしょうか？
6. 社会との係わり想像力を高めるとはどういう意味でしょう？

ここから「地質情報の使い方、つきあい方が分かるはず」というメッセージを伝えることを試みた。こうしたメッセージが少しでも伝われば幸いである。

なお、本シンポジウム開催にあたって、産業技術連携推進会議 知的基盤部会 地質地盤情報分科会および静岡県地震防災センターのご協力を得た。ここにお礼申し上げる。

## 第 25 回 プログラム

日 時: 2017 年 9 月 21 日(木)  
 会 場: 静岡県地震防災センターないふるホール (静岡市葵区駒形通 5-9-1)  
 主 催: 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  
 協 力: 産業技術連携推進会議 知的基盤部会 地質地盤情報分科会, 静岡県地震防災センター

12:50	開会
12:50~13:00	開会挨拶 牧野雅彦(産業技術総合研究所 地質調査総合センター長補佐)
13:00~13:25	海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」の成果と急務の課題 * 尾崎正紀(産業技術総合研究所 地質情報研究部門)
13:25~13:50	「想像力の欠如」に陥らない防災を 岩田孝仁(静岡大学 防災総合センター)
13:50~14:15	静岡県富士川河口域における二次元反射法地震探査 * 横田俊之(産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門)
14:15~14:40	駿河湾海底下に眠る沿岸部の地形変動史, 活断層 * 佐藤智之(産業技術総合研究所 地質情報研究部門)
14:40~15:05	休憩およびポスター展示説明
15:05~15:30	陸上に延びる駿河湾の地質構造 —富士川河口断層帯周辺の地形と地質— 山崎晴雄(首都大学東京)
15:30~15:55	富士火山地質図から見た噴火の特性 * 石塚吉浩(産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門)
15:55~16:20	富士山の地下水を探る * 小野昌彦・井川怜欧・町田 功・丸井敦尚(産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門)
16:20~16:35	総合討論
16:35~16:40	閉会挨拶 田中裕一郎(産業技術総合研究所 地質情報研究部門長)
16:40	閉会
ポスター発表	浮島ヶ原の沈降が示唆する富士川河口断層帯の活動 藤原 治(産業技術総合研究所 地質情報基盤センター)・藤野滋弘(筑波大学 生命環境科学研究科)・小松原純子(産業技術総合研究所 地質情報研究部門)・守田益宗(岡山理科大学 基礎理学科)

\* の付いた発表はポスターも展示

## 第 26 回 プログラム

日 時: 2017年10月10日(火)

会 場: イイノホール&カンファレンスセンター Room A (東京都千代田区内幸町 2-1-1)

主 催: 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

協 力: 産業技術連携推進会議 知的基盤部会 地質地盤情報分科会

- 14:00 開会
- 14:00~14:10 開会挨拶  
矢野雄策(産業技術総合研究所 地質調査総合センター長)
- 14:10~14:35 海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」の成果と急務の課題 \*  
尾崎正紀(産業技術総合研究所 地質情報研究部門)
- 14:35~15:00 静岡県富士川河口域における二次元反射法地震探査 \*  
横田俊之(産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門)
- 15:00~15:25 駿河湾海底下に眠る沿岸部の地形変動史, 活断層 \*  
佐藤智之(産業技術総合研究所 地質情報研究部門)
- 15:25~15:50 陸上に延びる駿河湾の地質構造 —富士川河口断層帯周辺の地形と地質—  
山崎晴雄(首都大学東京)
- 15:50~16:15 休憩およびポスター展示説明
- 16:15~16:40 富士火山地質図から見た噴火の特性 \*  
山元孝広(産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門)
- 16:40~17:05 富士山の地下水を探る \*  
小野昌彦・井川怜欧・町田 功・丸井敦尚(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)
- 17:05~17:30 「想像力の欠如」に陥らない防災を  
岩田孝仁(静岡大学 防災総合センター)
- 17:30~17:45 総合討論
- 17:45~17:50 閉会挨拶  
阪口圭一(産業技術総合研究所 地質調査総合センター研究戦略部)
- 17:50 閉会
- ポスター発表 浮島ヶ原の沈降が示唆する富士川河口断層帯の活動  
藤原 治(産業技術総合研究所 地質情報基盤センター)・藤野滋弘(筑波大学 生命環境科学研究科)・小松原純子(産業技術総合研究所 地質情報研究部門)・守田益宗(岡山理科大学 基礎理学科)

\* の付いた発表はポスターも展示

## 要 旨

### 海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」の成果と急務の課題

尾崎正紀（産業技術総合研究所 地質情報研究部門）

駿河湾北部沿岸域の雄大な自然は多大な恵みを与えてくれますが、一方で大きな地質災害の危険をはらんだ場所でもあります。本地域の地質調査が始まって100年、活断層調査が始まって40年が経ちますが、残念ながら、その危険に備えるために必要な科学的理解に到達しているとは言えません。今回は、富士川河口断層帯を中心に、沿岸域の地質・活断層調査プロジェクトで新たに理解できたこと、未だ理解できていないこと、急務の課題についてご報告します。

### 静岡県富士川河口域における二次元反射法地震探査

横田俊之（産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門）

本研究では、静岡県富士川河口沿岸陸域～浅海域の地下を対象とした二次元反射法探査を実施しました。その結果、深度5,000mまでの地下構造を捉えることができました。もっとも特徴的なものは、断面の東端で深度1,500m西端で3,500mの西傾斜の反射面であり、フィリピン海プレートの沈み込みに関連する反射面であると考えられます。

### 駿河湾海底下に眠る沿岸部の地形変動史、活断層

佐藤智之（産業技術総合研究所 地質情報研究部門）

駿河湾北部沿岸域の海底下200m程度までを対象とした反射法音波探査による地下構造調査の結果から、数万年間の地形変動史を紹介します。東の内浦湾では最終氷期の海水準低下期にも大瀬崎の砂嘴が発達していたこと、中央の富士川沖では扇状地と活断層について、西の安倍川沖では海底下に見つかった有度丘陵の海域延長部について紹介します。

### 陸上に延びる駿河湾の地質構造

#### —富士川河口断層帯周辺の地形と地質—

山崎晴雄（首都大学東京）

駿河湾北岸の富士川河口断層帯は、日本最大の上下変位速度を示す活断層であり、富士山南西麓の丘陵や低地の形成に深く関連しています。この丘陵群の変形や形成史から、活断層は順次東方に活動域を移し、その結果、沈降域の堆積物が次々に北西（陸）側に送られていることが分かりました。これは駿河トラフ沿いの覆瓦スラストの活動と付加体の形成が、陸上に延びているものと考えられます。

## 富士火山地質図から見た噴火の特性

石塚吉浩・山元孝広（産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門）

富士山は国内最大の活火山です。約15年間にわたる調査を経て、半世紀ぶりに富士山の地質図を全面改定しました。明らかとなった過去の噴火年代・場所・様式・規模は、次の噴火リスクを評価するために重要な手がかりとなります。富士山の噴火履歴とその特性を議論します。

## 富士山の地下水を探る

小野昌彦・井川怜欧・町田 功・丸井敦尚  
（産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門）

富士山の麓には、湧き水の有名な観光地がたくさんあります。この湧き水は、富士山の下で育まれた地下水が地上に出てきたものであり、産業や観光などの地域の経済活動を支えている貴重な水資源です。では私達はこの地下水についてどこまで知っているのでしょうか？今回のシンポジウムでは、科学的調査で解明された富士山の地下水の謎に迫ります。

## 「想像力の欠如」に陥らない防災を

岩田孝仁（静岡大学 防災総合センター）

静岡県の地震防災対策のベースは、取り巻く災害環境資料の作成と情報発信からスタートし、対策手法が確立していない中、専門家だけでなく市民と情報共有しながら地震対策の基礎を築いてきました。専門家だけでなく、市民一人一人が「想像力の欠如」に陥らないよう、これからも積極的な情報共有が必要であり、そのための専門家(機関)の努力は欠かせません。

## 浮島ヶ原の沈降が示唆する富士川河口断層帯の活動

藤原 治（産業技術総合研究所 地質情報基盤センター）・藤野滋弘  
（筑波大学 生命環境科学研究科）・小松原純子（産業技術総合研究  
所 地質情報研究部門）・守田益宗（岡山理科大学 基礎理学科）

浮島ヶ原は富士川河口断層帯の東側（沈降側）にある低湿地です。この低地の地層を調べると、低地が広範囲に水没した痕跡が何度も見られます。低地の水没は過去1,500年間では100-400年に一回の頻度で起きており、浮島ヶ原が急激に沈降したことを示しています。この沈降イベントは富士川河口断層帯の活動を示している可能性が高いと考えられます。

# 【 講 演 】

## 海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」の成果と急務の課題

尾崎正紀, 産業技術総合研究所 地質情報研究部門

### 1. 海陸シームレス地質情報集とは

産総研では、都市・沿岸域の地質災害軽減に資するため、(1)海陸境界部に存在する地質情報空白域の解消、(2)沿岸域に発達する活断層の連続性や活動性の解明、(3)沿岸平野部の地下地質情報整備を目的として、「沿岸域の地質・活断層調査」プロジェクトを2008年より実施しています。海陸シームレス地質情報集とは、その成果を沿岸地域毎にまとめたもので、「駿河湾北部沿岸域」は、主に富士川河口断層帯の評価を目的に、反射法地震探査、高精度音波探査、表層堆積物調査、ボーリング調査、地球物理調査などを実施し、それら成果を2016年に公表したものです。ここでは、そのうち主に富士川河口断層帯の成果(尾崎ほか, 2016)に基づき報告します。なお、「駿河湾北部沿岸域」全体の成果は、以下のサイトからダウンロード出来ます。

(<https://www.gsj.jp/researches/project/coastal-geology/results/s-5.html>)

### 2. 駿河湾沿岸域の地質学的特異性

駿河湾は地質学的に駿河トラフとも呼ばれ、プレート境界である南海トラフの一部として東端部に位置します。そして、その北端には日本で最大級の活動度が推定される富士川河口断層帯が発達しています(図1)。

ただし、駿河トラフを除く南海トラフでは海洋地殻である四国海盆が西南日本弧に沈みこんでいるのに対して、駿河トラフ～相模トラフではフィリピン海プレート東縁に発達する海洋島弧である伊豆-小笠原弧が西南日本弧～東北日本弧に沈んでいます(図1)。島弧

が島弧へ沈み込む場合、沈み難い「衝突帯」となるため、約1,500万年前以降から現在まで、西南日本弧～東北日本弧は、伊豆-小笠原弧の衝突によって北北西方向へ凸状に大きく変形を受けています。そして、富士川河口断層帯は、この衝突帯の活動最前線に位置しています。



図1 駿河湾の地質学的位置。

### 3. 主な研究成果

#### (1) 富士川河口断層帯と駿河トラフの連続性

本断層帯は、西側の入山-芝川断層帯(前期更新世以降に活動)と東側の入山瀬-大宮-安居山断層帯(後期更新世以降に形成)に区分されます(図2)。東西2つの断層帯は、その形成時期などから、それぞれ相模トラフ北端に位置する塩沢断層帯と国府津-松田断層帯(平山-松田北断層帯含む)と対の関係にあります(図3)。

これまで、駿河トラフの北方への延長は、駿河湾北部東側の沼津沖から、愛鷹火山と箱根火山の間付近を通り、国府津-松田断層帯、相模トラフに至るモデルが概ね支持されました(図3の点線参照)。しかし、今回の沿

岸海域の特に沖積層をターゲットにした詳細な反射法音波探査調査（佐藤・荒井，2016）に基づく、富士川河口断層帯のうち、入山瀬断層南端の沿岸海域では、4つの活断層が雁行ないし並行に発達することが分かりまし



図2 富士川河口断層帯と駿河トラフとの連続性。  
尾崎ほか(2016)に基づき作成。

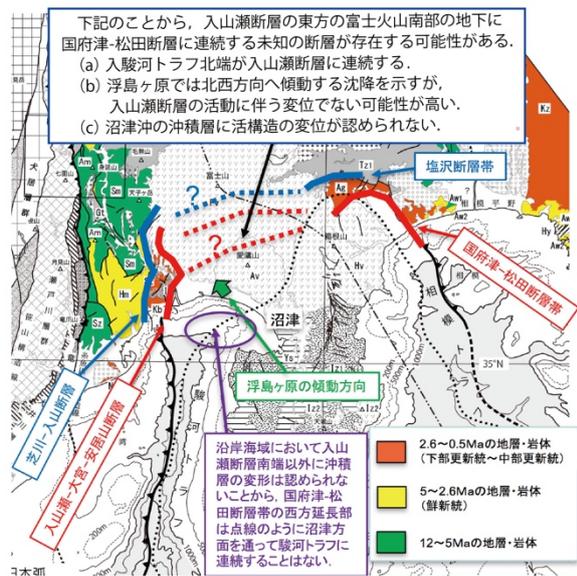


図3 駿河トラフ及び相模トラフ付近の断層帯。

た(図2)。一方、浮島ヶ原や沼津沖、西方の入山断層沖には沖積層に変位を与える断層などの存在は確認できませんでした。以上のことから、駿河トラフ北端は、入山瀬断層へ連続していることが分かりました(図2)。

また、直接の関係は不明ですが、安政東海地震の際に出現したとの報告もある地震山(蒲原地震山)を挟むように入山瀬断層の分布が推定されました(石原・水野, 2016; 伊藤・山口, 2016; 図4)。



図4 入山瀬断層付近の溶岩流の分布と蒲原地震。

地質図と地質断面図は尾崎ほか(2016)による。

### (2) 入山瀬断層の平均変位速度

富士川河口断層帯で最も高い活動性が入山瀬断層は、上下の平均変位速度として約 7m/千年が求められていました(山崎, 1979)。これは、入山瀬断層東側の富士川扇状地下に認められる富士火山溶岩流の分布上限の変化(村下, 1977)と、入山瀬断層西側の富士川川底の富士火山溶岩流との標高差から見積もられたものです。

しかし、(a) 最新の富士火山の研究(高田

ほか、2016 など）では、扇状地下の大淵溶岩流と富士川川底の水神溶岩流とは時代の異なる溶岩流であること（図4）、(b)たとえ両者が同じ溶岩流であったとしても、富士川扇状地下の溶岩流の分布上限変化は、海水準が現在より約120m低下していた最終氷期の富士火山山麓地形を主に反映しており、断層の変位基準面には適さないことが分かりました。

一方、富士川河口の層序ボーリング（産業技術総合研究所、2016）に基づく、概算で約5m/千年の変位速度が推定される可能性があり（図5の地点A）、やはり高い平均変位速度を持つ可能性は高く、産総研では蒲原海岸において、更なる調査を実施しています。

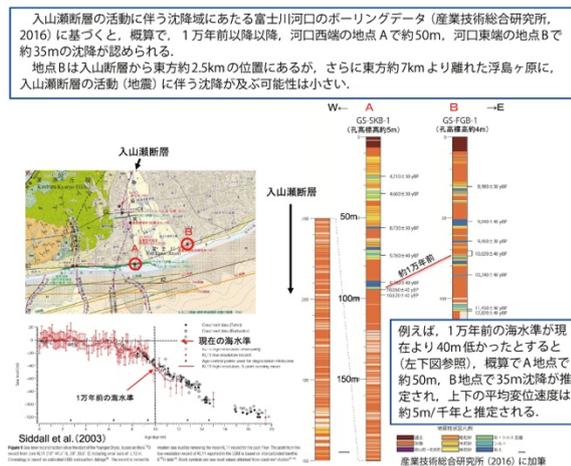


図5 富士川河口の層序ボーリングと沈降量。

### (3) 富士川断層帯の活動履歴

富士川河口断層帯では、地震の規模の評価に必要な活動履歴に確定したものがなく、二通りの想定がされていました（地震調査研究推進本部、2010）。これは、特に重要な入山瀬断層について、以下の理由で富士川河口断層帯の活動との関連性について疑問があったためでした。(a)厚く(100m前後)砂礫層が分布する富士川扇状地に位置しているため、地下の断層活動に伴う変形が地表部に現れにくいこと。また、断層を挟んだ隆起側も最終氷期以降の海水準の上昇（すなわち河川の侵食基

準面）より有意に上位に至らず、地表に変動地形が生じて河川によって変位の地形がかき消されてしまう地域のため、断層直上のトレンチやボーリング調査等によって確かなデータを得ることができていないこと。(b)浮島ヶ原において、沈降イベント（堆積物の堆積環境変化）と富士川河口断層帯や駿河トラフの活動との関係性の研究が行われきましたが、富士川河口断層とはやや離れていること。

最近、Fujiwara *et al.* (2016)が浮島ヶ原で、以下のような詳細な検討を行っています。(a)沿岸海域の最終氷期浸食面(Kaji *et al.*, 2008)の変化をみると、浮島ヶ原沖より富士川扇状地沖の方が浅く、より入山瀬断層に近い富士川扇状地側が浮島ヶ原より沈降しているとはいえない。(b)富士川河口付近両側のボーリング調査に基づく、約1万年間で入山瀬断層より東方0.7kmのA地点で約50m、東方2.5kmのB地点で約35mの沈降量を示している（図5）。これにより、浮島ヶ原の北西方への沈降は確かにあるものの、断層活動に伴う沈降現象が及ぶ可能性は低いことが分かりました。

以上に述べたように、本断層帯の活動履歴に関しては、依然、確実と言える（研究者間で同意できる）データがない状況です。

## 4. 急務の課題

### (1) 入山瀬断層の基本データ取得

基幹動脈を横断する富士川河口断層帯の活断層調査は40年以上が経ちましたが、最近の産総研の成果も含めても、前述のように、どのような規模の地震が、どのような時間間隔で発生するのかなど、未だ本断層帯を評価するための確実なデータが十分ではなく、その取得は急務の課題です。

前述のように、特に最も重要な入山瀬断層は厚い礫層に覆われているため、断層直上の

トレンチやボーリング調査等によるデータの取得が難しい状況にあります。しかし、より海側の富士川扇状地南西の富士川河口で実施したボーリング調査（産業技術総合研究所、2016）により、炭素同位体年代の測定も可能な細粒堆積物を含む地層が分布することが分かっており、入山瀬断層を挟んだこの地域（蒲原海岸東部）の調査をすることが、活動を把握するために特に重要と考えられ、産総研でも追加調査を進めています。

一方、沿岸海域と同様に、富士川扇状地下の入山瀬断層は、複数の分岐断層が扇状地全体に発達している可能性もあり、1つの断層による評価で十分であるかもよく分かりません。このため、入山瀬断層の全体像を知るためには、蒲原海岸東部だけでなく、富士川扇状地下の入山瀬断層の東側での、地下の溶岩流より古い中期更新世の地層に達する数百 m 規模のボーリング調査も重要となります。

また、富士川河口断層帯と駿河トラフなどとの連動性に関しては、1854安政東海地震や1707宝永地震などが検討され、特に安政東海地震はその可能性も指摘されています。この安政東海地震では、蒲原地震山が出現したとの報告もありましたが、確かなものとは扱われていませんでした。厚い礫層に覆われているため、地震山の隆起そのもので地震規模などを求めることはできませんが、活動履歴や連動との関係から、地震時における地震山出現の有無の確認は重要で、特に今回の調査に基づくと、蒲原地震山を挟むように地下に入山瀬断層の存在する可能性が高いことから、再度調査すべき課題であるといえます。

## (2) 富士火山の地下構造の把握

今回、入山瀬断層の南端は駿河トラフ北端の前縁部に連続することが明らかとなりましたが、その北端は大宮断層や安居山断層に連続すると推定されています。しかし、大宮断

層は正断層と扱われていること、浮島ヶ原の北西方への沈降現象は、入山瀬断層東北東方の浮島ヶ原北側（富士火山南部）において活断層が存在する可能性を示しています。

もし、国府津－松田断層帯の延長が富士火山南部の地下を通り、入山瀬断層、駿河トラフへと連続する（図3参照）となると、各断層帯の連動性や断層帯活動と火山活動との関係を考える上で重要な意味を持ちます。火山体の地下構造の調査は難しく、その実施には膨大な費用がかかりますが、今後、富士火山体南部の地下構造の把握は極めて重要な課題になると考えられます。

## 引用文献

- Fujiwara, O., Fujino, S., Komatsubara, J., Morita, Y., Namegaya, Y. (2016) Paleo-ecological evidence for coastal subsidence during five great earthquakes in the past 1500 years along the northern onshore continuation of the Nankai subduction zone. *Quat. Int.* **397**, 523-540.
- 羽田野誠一・津沢正晴・松島義章 (1979) 駿河湾北岸の完新世垂直変動と測地的上下変動. 地震予知連絡会会報, 21, 101-106.
- 石原武志・水野清秀 (2016) 駿河湾北部沿岸域における平野地下の浅部地質構造. 海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」, 海陸シームレス地質図 S-5, 産総研地質調査総合センター.
- 伊藤 忍・山口和雄 (2016) 富士川河口地域における反射法地震探査. 海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」, 海陸シームレス地質図 S-5, 産総研地質調査総合センター.
- Kaji, T., Nemoto, K., Yamazaki, H., Shono, S. and Matsuda, T. (2008) Geological structure of the continental shelf in the northern part of Suruga Bay. *Journal of The School of Marine Science and Technology, Tokai University*, **6**, 1-14.
- 村下敏夫 (1977) 静岡県富士市における地下水の塩水化. 工業用水, no. 225, 30-42.
- 尾崎正紀・水野清秀・佐藤智之 (2016) 5万分の1富士川河口断層帯及び周辺地域地質編纂図及び説明書. 海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」, 海陸シームレス地質図 S-5, 産総研地質調査総合センター.
- 佐藤智之・荒井晃作 (2016) 20万分の1駿河湾北部沿岸域海底地質図及び説明書. 海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」, 海陸シームレス地質図 S-5, 産総研地質調査総合センター.
- 産業技術総合研究所 (2016) 平成 27 年度「海域地質環境調査確証技術開発」成果報告書. 374p. [http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/nuclear/rw/library/2015/27fy\\_kaiiki-1.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/library/2015/27fy_kaiiki-1.pdf) 及び同\_kaiiki-2.pdf
- 高田 亮・山元孝広・石塚吉浩・中野 俊 (2016) 富士火山地質図(第2版)及び解説書. 特殊地質図, no. 12, 産総研地質調査総合センター.
- 山崎晴雄 (1979) プレート境界部の活断層－駿河湾北岸内陸地域を例にして－. 月刊地球, **1**, 571-576.

## 静岡県富士川河口域における二次元反射法地震探査

横田俊之, 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門

### 1. はじめに

物理探査データの取得を考えた場合, 沿岸域～浅海域は陸域・海域双方からのデータ取得が困難であるため, 物理探査データの空白域となっていることが多い。そのため, 産総研では, 沿岸域での調査評価技術に着目し, 沿岸域海底下の特徴的な地質環境の調査評価手法の高度化開発を行うことを目的とした研究開発を実施している。その研究開発の一環として我々は, 物理探査を用いた沿岸域海底下の調査評価手法の開発を行っている。本研究では, 静岡県富士川河口沿岸陸域～浅海域の地下を対象とした弾性波反射法探査の適用実験を実施した。その結果, 深度 5,000m までの地下構造を捉えることができた。

### 2. 調査領域の概要

調査領域は, 静岡県静岡市および富士市の沿岸域であり, 駿河湾北岸の富士川の河口域である。駿河湾内には駿河トラフと呼ばれるトレンチ状の凹地があり, 南海トラフに連続する。富士川河口域の地下構造は局所規模で考えれば, フィリピン海プレートのユーラシアプレートへの衝突で特徴づけられる。フィリピン海プレートは海洋性プレートで重いので, 大陸性プレートのユーラシアプレートの下に沈み込んでいる。このようなプレートテクトニクスの条件により, プレート境界では逆断層が発達し, ユーラシアプレート側には, 付加体が発達する。ここで形成された逆断層は, 富士川河口断層帯と呼ばれ, 入山瀬断層, 入山断層, 善福寺断層といった複数のセグメントに分かれている (図 1)。

### 3. データ取得

反射法探査に際しては, 入山瀬断層と入山断層を横切る東西測線でデータ取得を行った (図 1)。当該海域は漁業活動が盛んであるため, 陸域受振のみを行った。発震は陸域・海域の両側で行った。

反射法データ取得時には, 約 12 km の陸域測線を富士川河口沿岸の防潮堤防上および砂浜に設置した。同測線上で, 同期した二台の起振車両 (バイプロサイズ) での陸域発震を行った。これと同時に, 同測線に平行に設定した約 16.5 km の海域測線でエアガンを用いた海域発震を実施した。エアガンには 1,520 cuin のアレイガンと 2 つのトリガン 600cuin と 900 cuin 合計 1,500 cuin を使用し, 合計容量は 3,020 cuin である。エアガンの発震間隔は 25 m であり, 2.5 ノット (約 5 km/時) 以下で航行しながら約 18~20 秒間隔で発震した。陸上探鉱機と航法装置の同期を行うために, MACHA 製発震制御装置を使用した。航法装置側をマスター, 陸上探鉱機側をスレーブに設定し, 無線機と MACHA を接続した。

受振展開は陸域測線の全受振展開による固定展開とした。受振測線は富士川河口より東側を LineL-1 (RP1001~1226), 西側を LineL-2 (RP2001~2223) とした。東側測線 LineL-1 では, 基本的に砂浜に受振器を設置し, 独立型受振器によるデータ取得を行った。一方, 西側測線 LineL-2 では, 基本的に防潮堤防頂部の舗装道路上に測線を設定し, 通常の有線展開でのデータ取得を行った。有線測線上に設置された受振器で取得された反射波データは Sercel 428XL 型探鉱機に記録した。

#### 4. データ処理および結果

NMO 補正と CMP (共通反射点) 重合法を中心とした通常の反射法データ処理を実施した。

##### (1) 最小位相変換

陸域の発震記録については、零位相である起振車両のスィープ波形を用いて、エアガン発震記録についてはエアガン震源波形観測記録を用いて、それぞれ最小位相変換処理を適用した。

##### (2) 屈折波初動解析

改良型タイム・ターム法による屈折波初動

解析を行い、表層構造を推定した。全ての発震記録に対して初動到達走時を読み取り、その値を発震点、受振点におけるタイム・タームおよび表層基底層速度を未知数とし、表層速度を  $0.8 \text{ km/s}$  と固定してインバージョンを行った。得られた表層基底層速度は測線東端で約  $1.4 \text{ km/s}$ 、測線西端  $1.8 \text{ km/s}$  であった。この解析結果を、表層第1層の厚さの変化および標高変化に対する走時変化の補正に用いた。

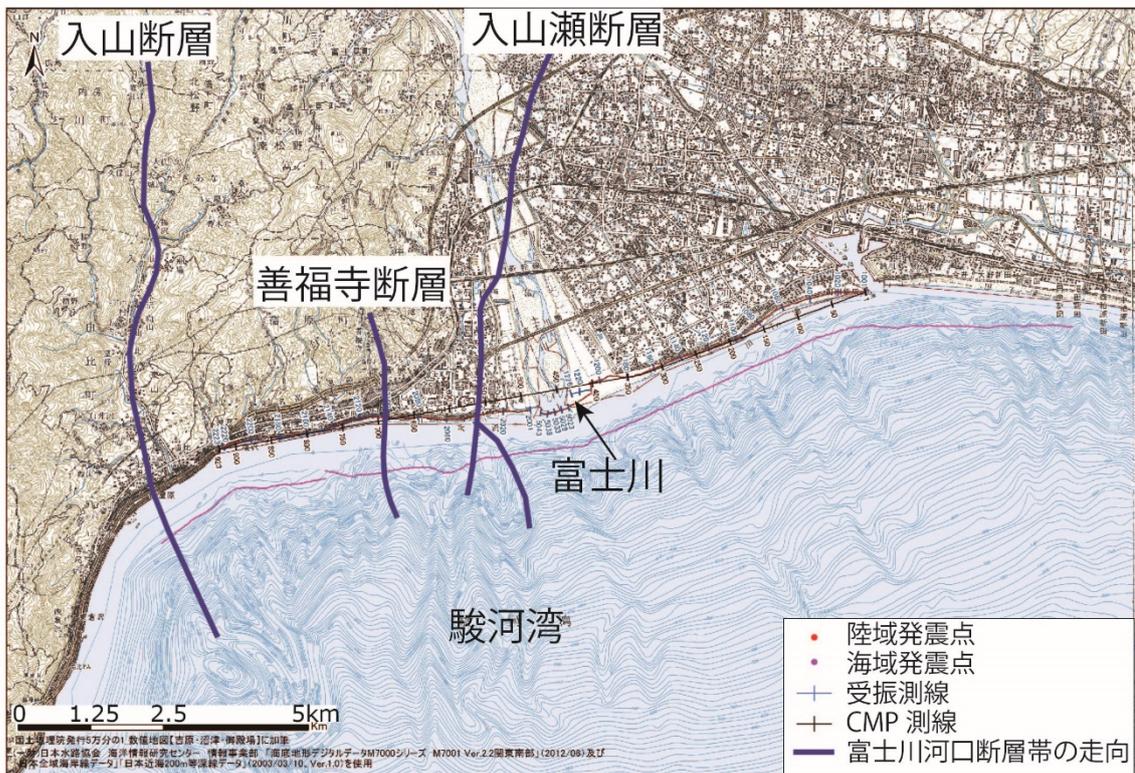


図1 調査測線位置図[受振点およびCMP重合測線].

産業技術総合研究所(2014)による測線図に地震調査研究推進本部(2010)による断層の情報を加筆。基図は国土地理院発行5万分の1数値地図【吉原・沼津・御殿場】および日本水路協会(2012)に一部加筆。

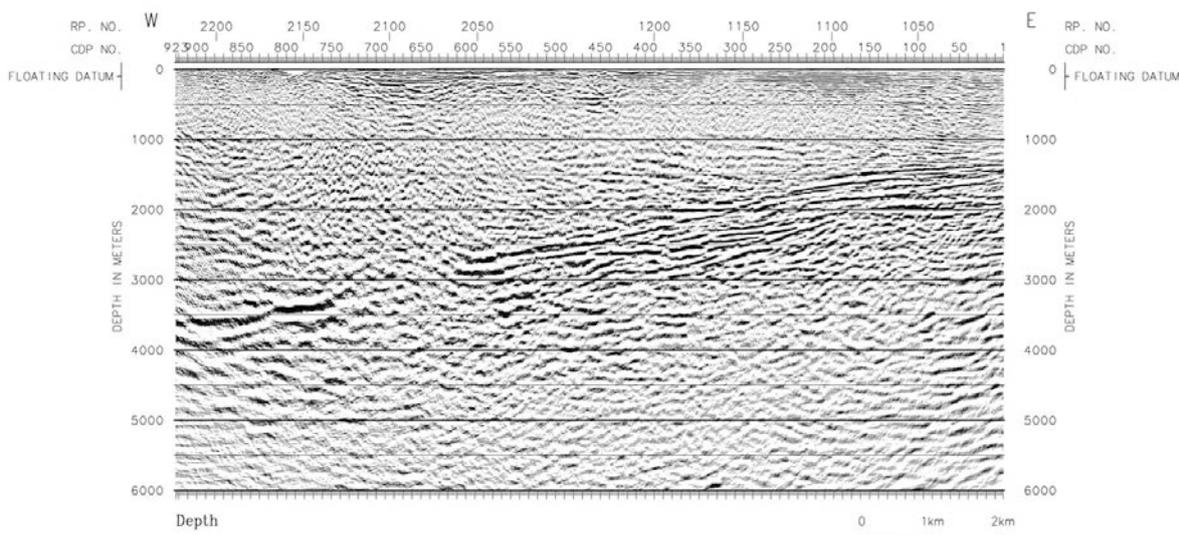


図2 反射法深度断面図。 産業技術総合研究所 (2014) による。

### (3) 速度解析

定速度重合法による速度解析を 1,250 m ごとに行った。速度解析によって求められた重合速度・時間の関数を時間-空間方向に内挿し、その速度テーブルに従って NMO 補正を適用した。

### (4) CMP 重合および重合後マイグレーション

NMO 補正後のデータを CMP 重合し、差分マイグレーション処理を適用した。マイグレーション速度は重合速度を測線方向に平滑化した速度関数を使用した。

データ処理結果のマイグレーション深度断面図を図 2 に示す。反射法データ処理結果から、深度約 5,000 m までの地下構造情報が得られた。今回は陸域受振、陸域および海域での発震というデータ取得方法をとったため、高周波数の発震ができる陸域発震により浅部をイメージングし、発震エネルギーが大きく周波数の低い海域のエアガンによる発震により深部をイメージングすることが可能であっ

た。その結果、浅部から深部まで高品質な地下構造イメージを得ることができた。

反射法深度断面には二つの顕著な反射イベントが見られた。第一のものは、浅部 (1,000 m 以浅) において見られる反射イベント群で、もう一つは測線東部で 1,500 m、西部で 3,500 m の深さに存在する西下がりの反射面である。

反射断面をもう少し詳細に観察すると以下の特徴があることがわかる。浅部 (1,000 m 以浅) の反射イベントは、富士川河口部 (CMP430~480) を境にして、東側と西側で異なる特徴を持つ。東側では水平な反射面が卓越しているが、西側は複数の向斜・背斜構造が確認できる。浅部構造の東西での差異は、富士川河口部を挟んで東西で堆積環境が異なることを示唆する。一方、深部 (1,500~4,000 m) の反射面は、測線全体にわたって連続性の良い強反射面である。このことは、この強い反射面の下では東西での地質の不連続が無いことを示唆する。

## 5. おわりに

静岡県静岡市および富士市の沿岸域の富士川の河口域において、反射法探査を実施し、以下の結果が得られた。

1. 浅部（1,000 m 以浅）および深部（1,500～4,000 m）に顕著な反射イベントが見られた。深部の西落ちの反射面は、沈み込むフィリピン海プレートの最浅部と解釈することが可能である。

2. 浅部の反射イベントは、富士川河口の東側では水平な反射面が卓越しているが、西側では複数の向斜・背斜構造が見られる。

## 引用文献

地震調査研究推進本部（2010）富士川河口断層帯の長期評価の一部改訂について。

[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10oct\\_fujikawa/](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10oct_fujikawa/)

日本水路協会（2012）M7001 関東南部 ver. 2.2, 海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ

産業技術総合研究所（2014）海域地質環境調査確証技術開発 平成 25 年度成果報告書, 402p., 産業技術総合研究所。

## 謝辞

本研究は平成 25 年度資源エネルギー庁委託研究「海域地質環境調査確証技術開発」の下で実施された。現地調査の許認可手続きに関し、関係機関各位の協力を得た。

# 駿河湾海底下に眠る沿岸部の地形変動史、活断層

佐藤智之，産業技術総合研究所 地質情報研究部門

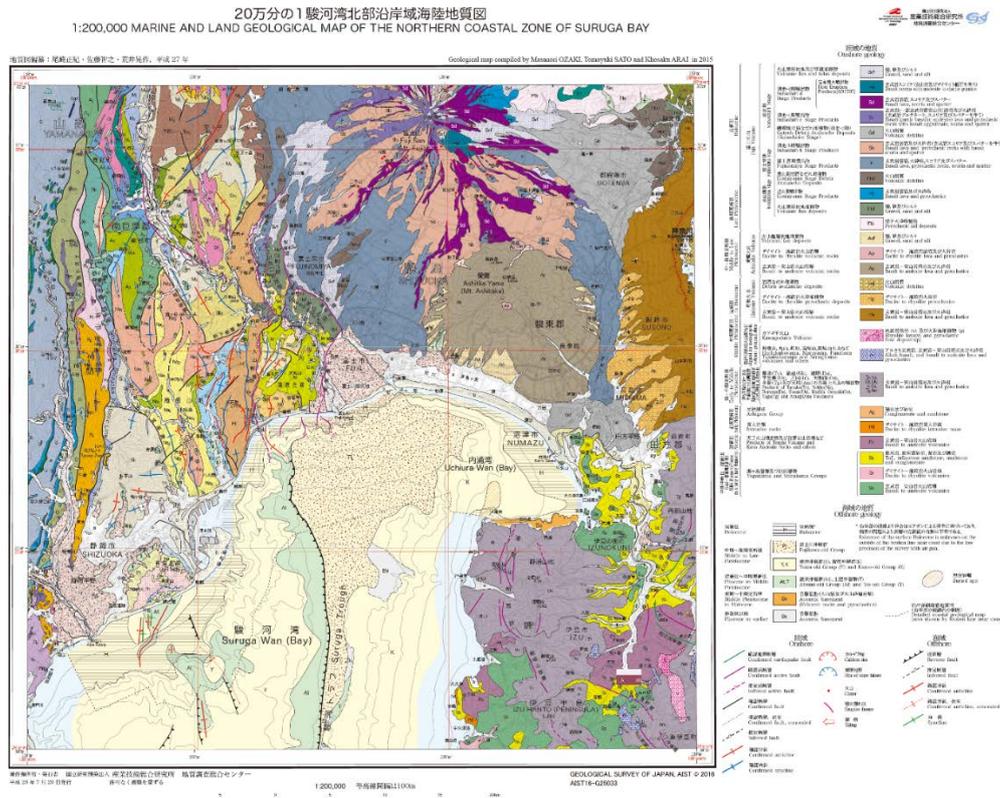


図1 駿河湾北部沿岸域の海陸シームレス地質図（尾崎・佐藤・荒井，2016）。

## 1. 駿河湾北部沿岸域の地質図

産業技術総合研究所地質調査総合センターでは、反射法音波探査による地下構造探査の結果などから、2016年に駿河湾北部沿岸域の海陸シームレス地質図を出版しました（図1：尾崎ほか，2016）。地質図では、構成する地層の種類の他にその形成過程と変形履歴がわかるため、その地域の数千年から地質学的スケールの地形変動史が読み取れます。

駿河湾北部沿岸域では、富士川・安倍川・狩野川などから土砂が供給されており、その河口を中心に堆積層が形成されています。それと氷河性海水準変動、構造運動、海流の兼ね合いにより地域ごとに多様な地層が形成されています。ここでは、湾西部の静岡沖、北部の富士川河口沖、東部の内浦湾それぞれについてその特徴と変動史を紹介します。

## 2. この地域の地層概要

この地域に分布するほとんどの地層がその上部で沖側に傾斜するプログラデーショナルパターンと呼ばれる構造（図2）を持ち、これは海岸線が沖に向かって移動（海退）しながら形成されたことを示します。反対に下部では海進を示す構造を持っています。このことと形成年代、標高などから氷河性海水準変動の影響で海進と海退を繰り返されたことがわかります。地層は海進・海退のサイクルごとに区分して命名しました。

大枠としてはこのような構造、成因を持つ地層が分布していますが、以下に地域ごとの違い、特徴を紹介します。

## 3. 東部：内浦湾

狩野川河口を中心に最終氷期以降の地層が

扇状に分布します。さらに地下には海退の痕跡(プログラデーションパターン)を示す地層(加茂沖層群)が何層も重なり、海進・海退を繰り返してきたことがわかります(図2)。海水準が下がる氷期には内浦湾全体が陸化していたこともわかります。

内部構造のはっきりしない堆積体が大瀬崎から北に延びています(図2の赤斜線部)。これは、現在大瀬崎から延びる砂嘴と同様のものが、加茂沖層群が形成されていた数万から十数万年前にも発達しその後埋もれたことを示します。

#### 4. 北部：富士川沖

富士川河口沖には、最終氷期以降の堆積層を変形させる活断層が四条認められます(図3)。それぞれ陸上の富士川河口断層帯につながります。

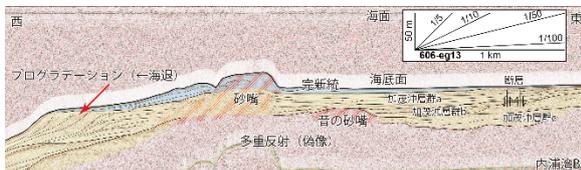


図2 反射法音波探査による内浦湾の東西地下断面図。沖側に傾斜する構造(プログラデーションパターン)から海退時に形成されたことがわかる。赤斜線部は埋没砂嘴。佐藤・荒井(2016)に基づき作成。

この地域の地層は富士川からの砂礫によって形成されているためか、反射法音波探査では内部構造が他と比べてはっきりと見えにくい特徴があります。

#### 5. 西部：静岡沖

内浦湾同様に海進・海退を伴って形成された地層が成層します。有度丘陵沖では背斜による隆起が認められ、丘陵を構成する地層(渥美沖層群・焼津沖層群)が海底面に露出しています(図4)。海域では浸食されて平坦化しているものの、有度丘陵を作った隆起が海域にも続いていることがわかります。

#### 引用文献

尾崎正紀・佐藤智之・荒井晃作(2016) 20万分の1 駿河湾北部沿岸域海陸地質図。海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」, 海陸シームレス地質図 S-5, 産総研地質調査総合センター。

佐藤智之・荒井晃作(2016) 20万分の1 駿河湾北部沿岸域海底地質図及び説明書。海陸シームレス地質情報集「駿河湾北部沿岸域」, 海陸シームレス地質図 S-5, 産総研地質調査総合センター。

(いずれも, <https://www.gsj.jp/researches/project/coastal-geology/results/s-5.html>)

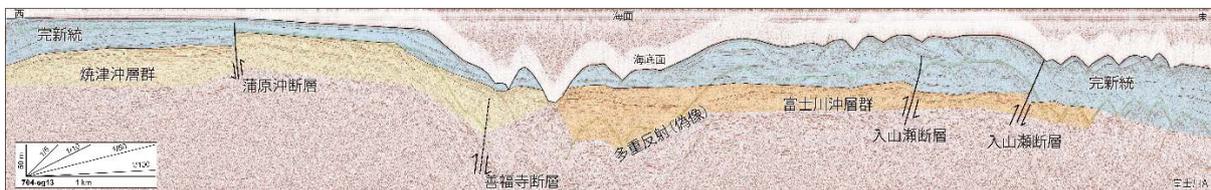


図3 反射法音波探査による富士川河口沖の東西地下断面図。四条の活断層(富士川河口断層帯)が完新統を変形させている。佐藤・荒井(2016)に基づき作成。

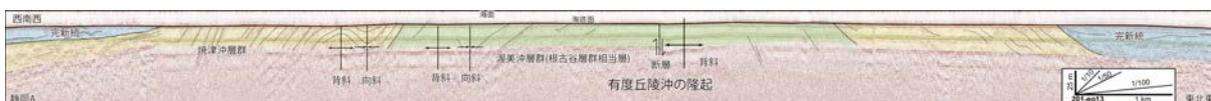


図4 反射法音波探査による有度丘陵南方沖の東西地下断面図。背斜による隆起で丘陵構成層が海底面に露出している。佐藤・荒井(2016)に基づき作成。

# 陸上に延びる駿河湾の地質構造

## —富士川河口断層帯周辺の地形と地質—

山崎 晴雄, 首都大学東京 名誉教授)

### 1. 伊豆の衝突と陸域のプレート衝突境界

日本列島の周辺は海洋性の太平洋プレートとフィリピン海プレート、それに大陸性のユーラシアプレートで構成されている<sup>注</sup>。フィリピン海プレート東端では、その下への太平洋プレートの沈み込みにより火山弧(火山帯)が形成されている。この地域は伊豆バーと呼ばれ、噴出した火山岩によって、通常の海洋地殻より軽くて厚い火山性地殻が形成されている。

フィリピン海プレートは北北西方向に動いて、西南日本南方の琉球海溝や南海トラフで日本列島(ユーラシアプレート)の下に沈み込んでいる。伊豆バーも日本列島の下に沈み込もうとするのだが、軽くて厚い地殻が存在するためスムーズに沈み込むことができない。そのため、伊豆バーは本州に衝突・付加し、プレート境界は北に押し曲げられ、北側に突出してしまった。伊豆北縁の北側にある丹沢山地や更にその北側にある御坂山地は、伊豆バー上の南の海で誕生した火山地塊が、北上して順次本州に衝突・付加したものである(図1)。

5Ma (Ma は 100 万年前の略号) 頃、丹沢地塊が本州に衝突・付加し本州の一部になった。その後、伊豆北縁にはプレート沈み込み境界が形成され、そこに丹沢山地から供給された岩屑が厚く堆積した。これが足柄層群と呼ばれるトラフ充填堆積物である。

その後、伊豆地塊の接近で丹沢地塊との間のトラフは 1Ma 頃に埋め立てられて消滅し、伊豆地塊も半島として本州の一部になったのである。

### 2. 伊豆北縁の沈み込みと活断層の運動

伊豆北縁地域では、現在、プレート収束運動はどのように進行しているのだろうか。それを知る鍵は活断層の運動である。活断層の分布や活動様式の特徴から沈み込みの様子が復元できる。

#### 1) 駿河湾北岸、富士山南西麓

南海トラフから駿河トラフに続く沈み込み境界は、駿河湾最奥部から内陸の富士山南西麓地域に延びる。この地域には南北走向の 2 列の活断層群が認められ、富士川河口断層帯と総称されている。

東側の入山瀬断層—大宮断層—安居山断層のグループと西側の入山衝上断層と芝川断層のグループである(図2)。これらの活断層群は明瞭な地形・地質境界となり、南北に帯状に延びる 3 列の地形・地質配列を形成している。

東の入山瀬—安居山断層の東側には、富士、富士宮、浮島が原などの低地域、2 本の活断層群の間には蒲原、星山、羽鮎などの丘陵地域、そして、その西の入山—芝川断層の更に西側には鮮新統の富士川層群から成る浜石岳山地、天守山地が存在する。

最も活発なのは東側の活断層群である。3 本の断層で構成され、南の入山瀬断層と北の安居山断層が左雁行する逆断層で、間の大宮断層はこの 2 本の逆断層を繋ぐ、走向の異なる(北西—南東走向)正断層である。この東側に駿河トラフから内陸に続く浮島が原、富士川扇状地、富士宮などの低地が存在する。これらは、断層で造られた凹地を新しい堆積

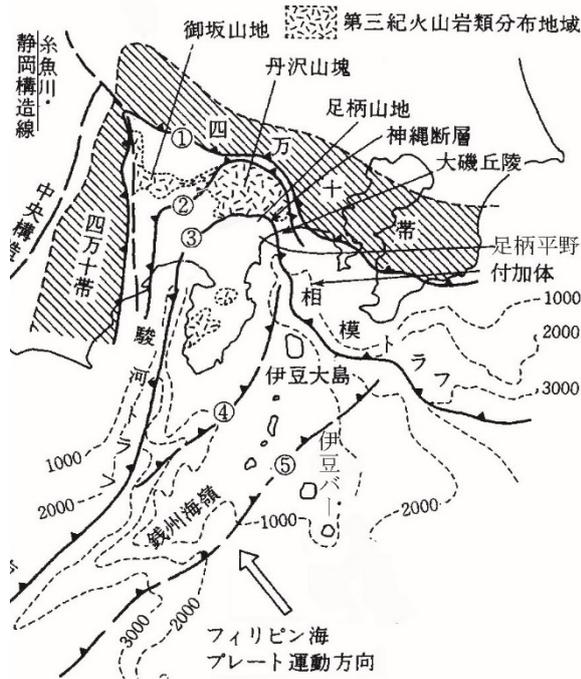


図1 伊豆バーの多重衝突・付加 (平, 1990 を 改変).

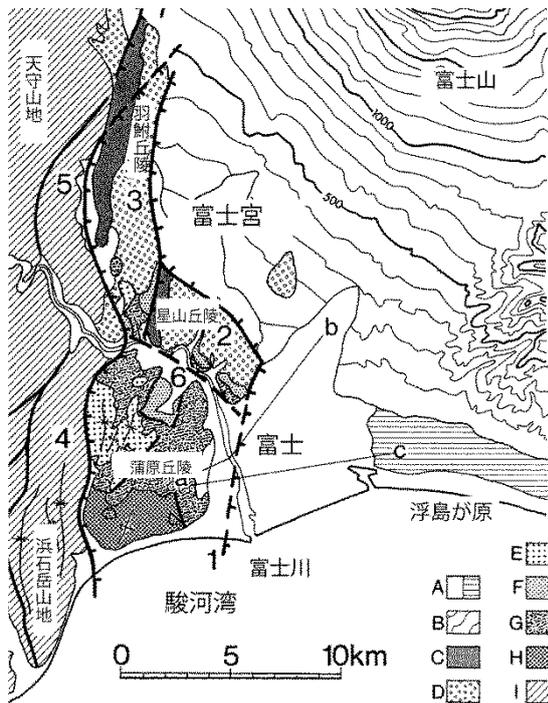


図2 富士山南西麓の地形区分と活断層 (山崎, 2015a).

凡例 1. 入山瀬断層 2. 大宮断層 3. 安居山断層 4. 入山断層 5. 芝川断層 A. 沖積低地 B. 扇状地 C. 富士溶岩 D. 古富士泥流堆積物 E. 鷺の田礫層 F. 別所礫層 G. 岩淵安山岩 H. 蒲原礫層 (足柄層群相当) I. 富士川層群

物が埋めた沈降域である。この断層帯では1.5万年前の富士火山溶岩が、富士川扇状地の下で-100m以深に存在することや、産総研が富士宮低地で実施しボーリング調査で、深度600mまで掘削しても10万年前の富士火山噴出物基底に達しなかったことから、7m/千年の日本最大級の上下変位速度が知られている。

一方、断層群に挟まれた蒲原、星山、羽鮒の3丘陵では前～中期更新世の厚い沈降性堆積物（主に礫層）を覆って、中～後期更新世の河川や火山山麓扇状地の堆積物が分布している。火山山麓扇状地は古富士泥流と呼ばれる富士山から流下した粗粒な堆積物で構成され、羽鮒丘陵や星山丘陵の上にいろいろな時期の段丘面を広げている。この段丘面は北～北西方向に大きく傾動しており、これが、丘陵の東麓を走る入山瀬断層と安居山断層を逆断層と判断した根拠でもある。

蒲原丘陵は星山・羽鮒丘陵より古い時期に形成された丘陵で、鮮新・更新統の蒲原礫層を土台に、浸食されて火山地形の無くなった前期更新世の岩淵火山岩を挟んで、富士川の扇状地堆積物である中期更新世の鷺の田礫層が覆っている。鷺の田礫層の基部には埋没谷があり、植物性化石を含む海進・谷埋め堆積物（泥層）に覆われている。

丘陵地域の西縁は西側の活断層群によって限られている。海岸から富士川までの入山衝上断層と富士川以北の芝川断層である。これらは幅広い破碎帯を持つ断層で、断層の西側の浜石岳山地や天守山地の隆起、東側の丘陵地に分布する沈降性の厚い鮮新・更新統などの堆積に関係した断層である。しかし、現在の活動性(1m/千年)は東側の断層群よりだいぶ低くなっている。

浜石岳山地は浸食を受けた標高700m以下の山地で鮮新世の厚い礫岩層（浜石岳礫層）で構成されている。これもトラフのような沈

降域に堆積した堆積物で、その後隆起運動に転じて高度を増し、山地になったものである。

富士川河口活断層帯の北方延長は、富士山の西麓部で同火山の噴出物に覆われて行方が判らなくなる。しかし、断層群はいずれも北部で走向が北東-南西に変わり、富士山の中央部に向かって延びているようにも見える。富士山西斜面には新しい時期に浸食が始まった、最大の開析谷である大沢崩れが存在しており、断層活動等が開析谷の発達に関与しているのかも知れない。

## 2) 丹沢南縁と足柄平野

富士山の東側には、丹沢山地と更にその東側に相模トラフの陸側延長である足柄平野が存在している。これらの地域には神縄断層と国府津-松田断層という大きな変位を持つ断層が存在している。

神縄断層は中新統の丹沢層群と、その南側に分布する鮮新・更新統の足柄層群とを分ける逆断層だが、現在は北東-南西走向の多数の胴切り断層によって切られており、活断層とは考えられない。神縄断層のトレースに沿っては、丹沢山地と南側の足柄山地との間に明瞭な高度差が認められるが、そこには後期更新世以降の新しい断層運動の証拠は認められず、岩質の差による組織地形と考えられる。

前期更新世にトラフに厚く堆積した足柄層群分布域は、現在、隆起運動と浸食作用を受けて足柄山地となり、更に酒匂川の下刻によって深い峡谷が形成されている。このことは、この地域で低地から山地への急激な土地の隆起と浸食が進行していることを示している。

足柄平野の東には大磯丘陵があり、両者は活発な逆断層(3.5m/千年)である国府津-松田断層で分けられている。足柄平野は厚い礫層で充填されており、沈降域と考えられる。一方、大磯丘陵には富士山南西麓と同様に、

中期更新世の厚い曾我山層(礫層)を覆って中~後期更新世の段丘堆積物が分布している。

## 3. 活断層と丘陵の発達史から見たプレートの収束運動

図3には伊豆北縁の活断層分布とその周辺地域の地殻変動の様子を示した。活断層の伊豆側にはトラフに続く現在の沈降地域が分布し低地が形成されている。活断層の隆起側(内陸側)には、かつての沈降性堆積物が非沈降性の段丘堆積物に覆われて隆起し、丘陵を形成している。更にその内陸側には、より古い新第三系の沈降性堆積物が隆起した山地域がある。このような断層と堆積物の配列は、時間と共に断層活動と沈降地域が順次伊豆側に移動していること、言い換えれば、沈降域の堆積物が順次内陸側に移動しているものと考えられる。これは、プレート沈み込みによる付加体の形成・移動の様子を陸上で観察していることに他ならない。つまり、活断層は付加体内の覆瓦スラストと見ることができる。このような付加体の形成が認められる地域は、その下でプレートの沈み込みが比較的スムーズに進行しているものと考えられる。ただし、丹沢山地西部では沈降帯の移動は起きず、足柄層群がいきなり隆起して山地を形成している。また、覆瓦スラストは発達しておらず、代わりに神縄逆断層を切る胴切り断層が形成されていることを考えると、ここではプレートの沈み込みが困難になり、本当の衝突域になっていると考えられる。

図4はこのような沈降から隆起への転換と沈降域のトラフ側への移動が輪廻的に起きていることを示したモデルである。また、丹沢山地の前縁域はこの輪廻から外れて別の道を進んでいることも示している。

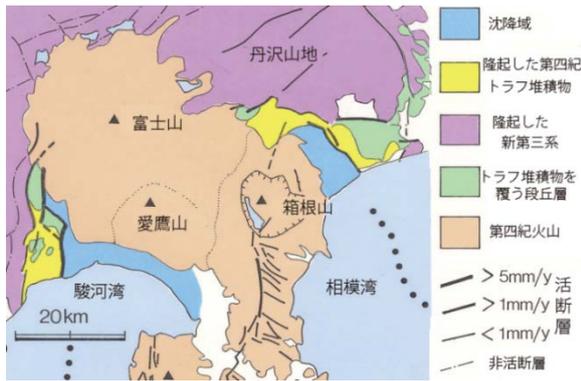


図3 伊豆北縁地域の活断層分布と隆起・沈降域の関係 (山崎, 2015b).

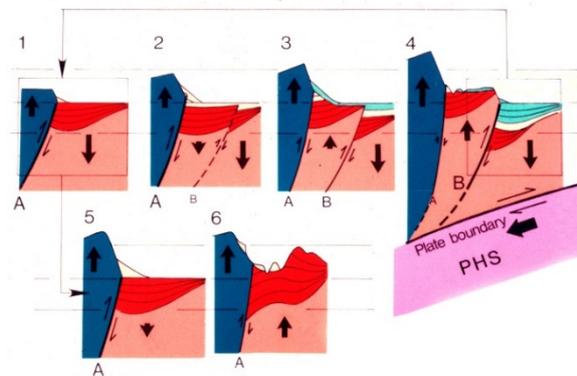


図4 伊豆北縁の断層と地形の発達モデル (Yamazaki, 1992 を改変). 丹沢山地南縁は下段のモデルにあたる.

#### 4. プレート境界断層と活断層の関係

伊豆北縁地域に関連した巨大地震として知られているのは、1854年安政東海地震、1923年関東地震、そして関東地震の最大余震と考えられる1924年丹沢地震だけである。これらは相模トラフや駿河トラフ-南海トラフのプレート境界メガスラストが活動したもので、これらの地震の際に伊豆北縁の活断層が活動した明瞭な証拠はない。また、活断層の活動時期については、いろいろなデータと年代が

示されているが、プレート境界地震との関係は見解がまとまっていない。筆者は、関東地震のアスペリティの1つが国府津-松田断層の真下にあることから、同断層が単独で地震を起こすとは考えにくく、プレート境界断層の活動時に時たま連動するものと考えている。同じことは駿河湾側の富士川河口断層帯にも当てはまり、これらの活断層は、単独に活動して地震を引き起こすものではなく、プレート境界断層の活動時に、何回かに一回の割合で連動するものとする。

注) 東北日本を北米プレートとしてユーラシアプレートから分離する考え方もあるが、日本列島付近では両者に大きな動きの違いはなく、ここでは単一のユーラシアプレートとして扱う。

#### 文献

- 平朝彦 (1990) 日本列島の誕生. 岩波書店, 226p.
- Yamazaki, H. (1992) Tectonics of a plate collision along the northern margin of Izu Peninsula, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 43, 603-657
- 山崎晴雄 (2015a) 富士山はどうしてそこにあるのか. NHK カルチャーラジオ「科学と人間」テキスト, 159p.
- 山崎晴雄 (2015b) 駿河湾と相模湾を結ぶ内陸プレート境界. *電力土木*, no.378, (2015年7月号), 3-8.

## 富士火山地質図から見た噴火の特性

山元孝広・石塚吉浩，産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門

### 1. はじめに

約 310 年前の江戸時代宝永年間（1707 年）に大噴火を起こした富士山は活火山であり、いずれまた噴火することは確実です。表面的には火山活動の兆候は見られないものの、例えば 2000 年秋にはマグマ活動に特有な低周波の地震活動が地下約 10km で頻発しています。この火山活動が契機となり、内閣府主導のもと富士山噴火のハザードマップと被害想定が 2004 年に公表されました。

今後の多様な噴火の可能性を理解して噴火に備えるためには、過去に発生した噴火の時期、噴火場所、マグマの種類、噴出量、噴火様式に関する定量的な情報が必要です。その基礎となる最初の富士火山地質図（津屋，1968）の出版以後 40 年の歳月が経ち、その間に多くの研究が行われ、年代測定法の進歩や地表踏査以外の様々な手法が開発されてきました。

2016 年に出版された新しい富士火山地質図（第 2 版）は、地表踏査を基本として、必要に応じて掘削調査やトレンチ調査を行い、また、最新の炭素同位体年代測定法や航空機による測量データとその解析技術を活用しながら、定量的な火山灰層序と詳細な山腹噴火口位置と溶岩流分布などの情報とりまとめた富士火山の噴火履歴の基礎情報です（図 1）。今回のシンポジウムでは、その成果を簡単に紹介します。

### 2. 富士山の噴火史

約 10 万年前から活動を開始した富士火山は、噴火活動の特徴から、以下のステージに区分することが可能です。

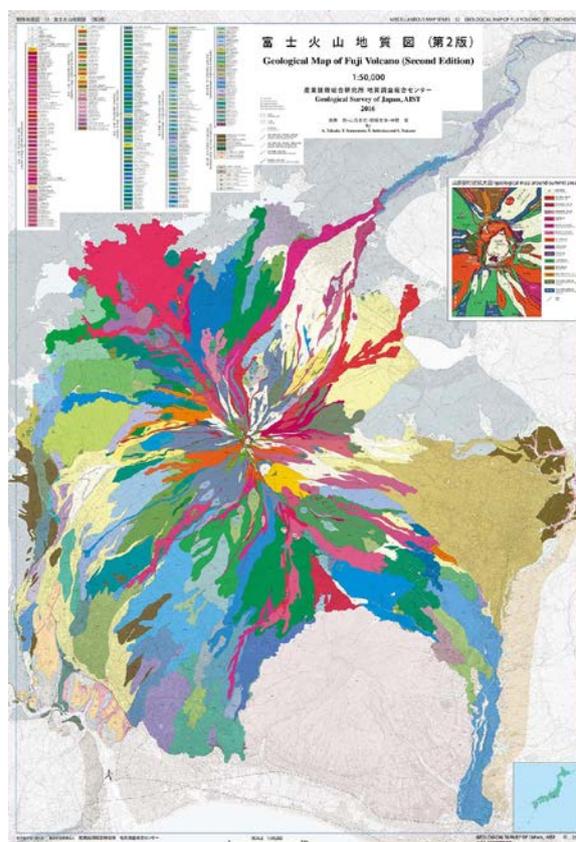


図 1 富士火山地質図（第 2 版）（高田ほか，2016，地質調査総合センター）

#### ・星山期（約 10 万年前～BC 15,000 年）

爆発的噴火卓越期で、火山麓扇状地堆積物と山体崩壊によって田貫湖岩屑なだれ堆積物（2 万年前頃）が形成された。同時期には、関東平野部でローム層（土壌化した火山灰層）が形成された。

#### ・富士宮期（BC 15,000～BC 6,000 年）

富士山麓を広く覆う玄武岩溶岩流の大量流出が繰り返して発生した。北東へは火山体から約 30km 離れた大月市まで達する富士山でも最長の流下距離を持つ猿橋溶岩が流れたほか、南では駿河湾に溶岩流が達している。

- ・ 須走-a 期 (BC 6,000~BC 3,600 年)  
活動低下期で、山麓では富士黒土層が形成された。
- ・ 須走-b 期 (BC 3,600~BC 1,500 年)  
現在の山頂部を含む主成層火山体(火山錐)が形成され、ほぼ富士山型の火山となった。同時に、山腹割れ目噴火も繰り返された。
- ・ 須走-c 期 (BC 1,500~BC 300 年)  
山頂火口と山腹火口から爆発的が繰り返された。山頂部の剣ヶ峰、三島岳、伊豆岳が形成されている。また、山体東部で BC900 年頃に山体崩壊が起き、御殿場岩屑なだれ堆積物が形成された。
- ・ 須走-d 期 (BC 300 年以降)  
山腹割れ目噴火が卓越した。奈良時代から平安時代には、富士山の活動が特に活発であった。特に北西山腹、南東山腹、東山腹では多くの割れ目噴火が起きている。青木ヶ原溶岩流を噴出した貞観噴火(864-866 年)はその代表。鎌倉時代以後は、火山活動は静穏になっていった。
- ・ 宝永噴火 (AD 1707-1708 年)  
宝永噴火は、南東山腹で発生した爆発的噴火で、最初期に富士山ではまれな珪長質マグマが少量放出され、その後、玄武岩質マグマが噴出した。東山麓での降灰厚は数 m で、火山灰は江戸にまで到達した。

### 3. 火山活動の特性

以上のように、富士火山の最近 8 千年間の噴火では数千年間継続する活動期が設定でき、活動期内においては類似した噴火活動が繰り返されています。その一方で、活動期が変わると卓越する噴火様式も変化し、しかも、そ

の変化に特定の傾向は認め難い特徴があります。BC300 年頃から始まった山腹割れ目噴火による溶岩流出の卓越する活動も、明らかに AD1200 年頃から停止しており、AD1707 年の爆発的な宝永噴火はその前の須走-d 期の活動としては特異なものです。このような活動様式の変遷を踏まえると、富士火山の活動期は既に新たなステージへと移行している可能性が高く、次の噴火の様式を想定することは非常に困難な時期にあると言えるでしょう。

### 4. 想定される火山災害

再び宝永噴火が起こると想定した場合、2004 年のハザードマップ作報告書では、東京都や横浜市など首都圏での被害額として晴天時 1,186,737~1,572,173 百万円、降雨時 1,837,184~2,222,620 百万円、梅雨期 2,141,915~2,527,351 百万円を算出しています。ただし、この見積もりは事業者の被害想定をそのまま取りまとめたものであるため、今改めて内容を確認すると過小評価な点も多いことが指摘できます。

内閣府では 2013 年 5 月に「大規模火山災害への提言」を公表し、大規模噴火による広域的な都市型災害への備えの必要性を説いています。その念頭に富士山噴火による首都圏の火山災害であることは言うまでもありません。その中には、降下火山灰が産業構造や社会システムへ及ぼす影響について、実験による定量的な把握を含む基礎的研究、社会科学側面からの応用研究から対策に至る総合的な研究の必要性が挙げられています。いつ発生するか分からない次の富士山噴火に備えるための準備と覚悟が必要です。

## 富士山の地下水を探る

小野昌彦, 井川怜欧, 町田功, 丸井敦尚  
産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門

### 1. はじめに

富士山の麓には、湧き水で有名な観光地が数多く分布している。これらの湧き水は、富士山の地下水が地上に出てきたものであり、産業や観光などの地域の経済活動を支える貴重な資源となっている。

富士山の地下水は古くから研究が行われており、例えば 19 世紀には富士山の地下水が河口湖に流入している可能性が示唆されている（フェスカ, 1884）。20 世紀初頭には、富士山の水文地質学的な特性を把握するための調査が行われ、20 世紀半ばには地下水を水源として利用するために大規模な調査が行われた。近年では、地下水に含まれる様々な元素や同位体を用いて、地下水の起源や流動、年代を評価する研究が行われており、富士山の地下水は今もなお興味深い研究対象である。

産総研では 2013 年から富士山周辺地域で地下水の調査を開始し、その成果を水文環境図（すいもんかんきょうず）No.9「富士山」としてとりまとめた。また、駿河湾沿岸域において、海底から湧き出す地下水を対象とした研究も行ってきた。本シンポジウムでは、これらの研究で明らかとなった富士山の地下水の実態について紹介する。

### 2. 水循環と富士山における地下水の流れ

図 1 は水循環という概念を示した図である。私達が一般的に利用している地下水の主な起源は降水である。海面で蒸発した水蒸気は雲を形成し、雲は陸地へ移動し降水をもたらす。地上に到達した降水は、蒸発や植物からの蒸散によって大気中に戻る成分、河川へ流れこ

み河川水となる成分、地下に浸透する成分に大別される。富士山全体で地下に浸透する成分の量（地下水の涵養量）は年間で約 22 億  $m^3$ （山本, 1970）と推定されており、多量の降水が地下に浸透し、地下水となっていることが分かる。また、富士山の火山噴出物（溶岩など）は、水の通しやすさを示す透水係数が  $10^{-1} \sim 10^{-2}$  (cm/sec) 程度と大きく、この層が帯水層（地下水の器）となっていることから、多量の水が地下を流れている。

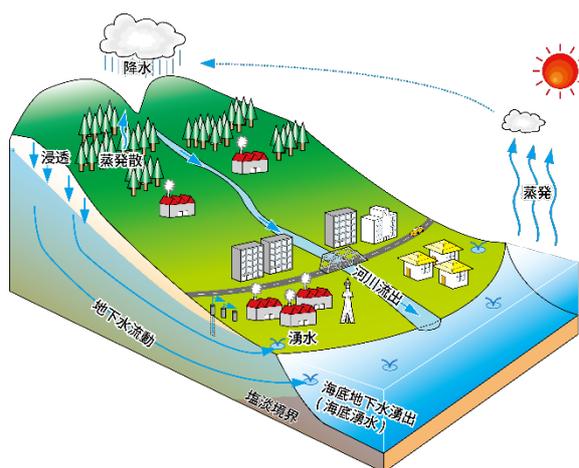


図 1 地域における水循環の概念図

図 2 は富士山周辺の地下水面図と、産総研が調査した湧き水の位置を示したものである。地下水面図は、富士山周辺の多数の井戸で測定した地下水位データを基に、平面の等値線図を描いたものであり、地下水面の位置が標高（単位は m）で表されている。地下水は高い場所から低い場所へと流れるため、地下水面図を判読することで地下水の流動方向が分かる。富士山における地下水面の標高は、山頂で高く、山麓で低いことから、概ね山麓に

向かって地下水が流れていると考えられる。  
また、地下水面の標高が地形の標高と同じかそれ以上の値となった場所では、地下水が湧き水として地上に表れる。図 2 においても、湧き水が線状に並んで分布している様子が見てとれるが、これは地形に沿って地下水が湧き出して様子を表している。

また、図 2 の青線は 2013 年の地下水面図を示したものである。1986 年以前の地下水面図（赤線）では、南麓の駿河湾沿岸域に標高 0m の地下水面が存在しているが、2013 年には標高 5m を示しており、地下水面が上昇していることが分かる。これは、地下水利用が非常に盛んだった時代に、地下水揚水量の増加に伴って地下水位低下が発生したものの、現在では自然状態に近付きつつあることを示していると考えられる。

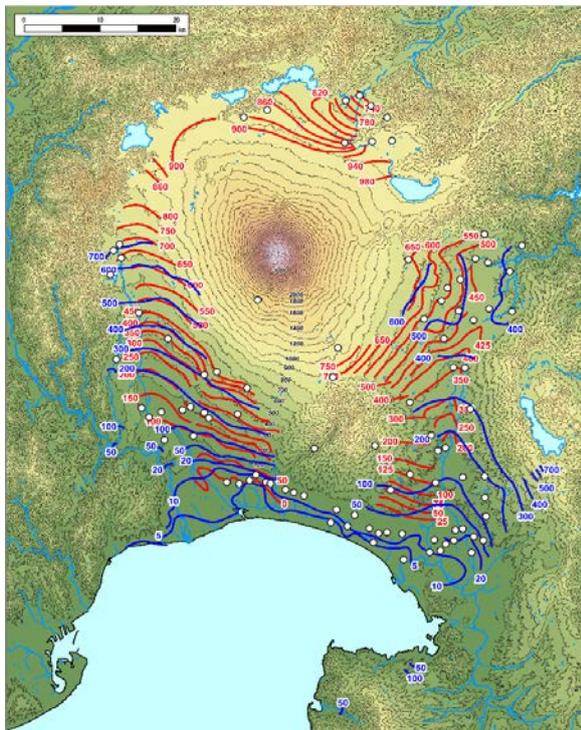


図 2 地下水面図（小野ほか，2016 に加筆）赤線は 1986 年以前の地下水面図，青線は 2013 年の地下水面図，白丸は湧き水の調査地点を示す。

### 3. 地下水の水質

地下水の水質（例えば、ナトリウムなどのイオン類，バナジウムなどの微量元素）は，地下を流れる過程で岩石・鉱物との接触反応や，異なる地下水（淡水と塩水など）の混合によって変化する．そのため，地下水の水質を測定することで，地下水が地下でどのような影響を受けたのかを把握できる．

富士山において，特徴的な水質として挙げられるものの 1 つにバナジウム（元素記号 V）がある．バナジウムは岩石中に含まれる元素で，一般的には地下水にもわずかに含まれているものであるが，富士山周辺の地下水は比較的高い濃度を示すことが報告されている（例えば，岡部・森永，1968）．これは，富士山から噴出した溶岩にバナジウムを多く含まれており，地下水が溶岩層の中を流れる過程でバナジウムを獲得するため，地下水中のバナジウム濃度が高くなると考えられている．

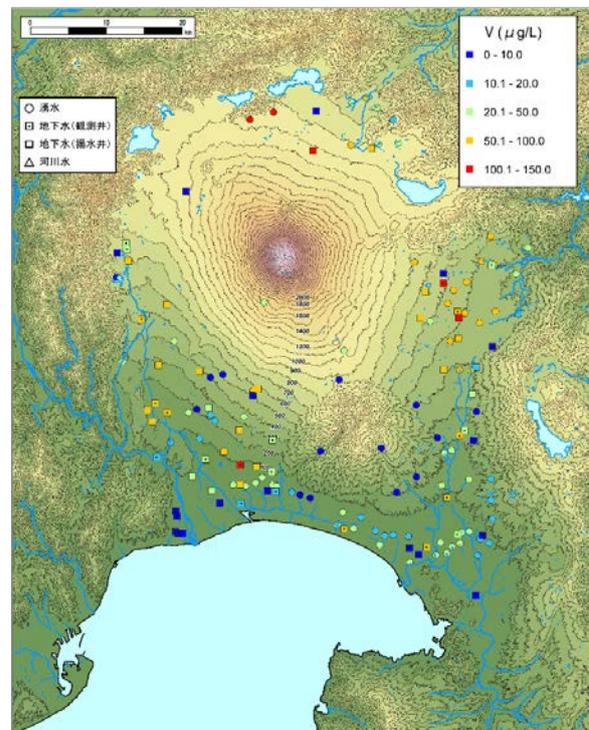


図 3 富士山地域の井戸水，湧き水のバナジウム濃度分布（小野ほか，2016 に加筆）

図3は富士山周辺の井戸水や湧き水に含まれるバナジウム濃度を示したものである。この図からも、富士山の地下水が高いバナジウム濃度を示すことが明らかであり、富士山の溶岩が地下水の水質と密接に関係していることがわかる。

#### 4. 地下水の年代

地下水の年代とは、地下水が地下に浸透してから採水されるまでの間に何年が経過したか、ということの意味する。年代は、地下水に含まれる放射性元素（トリチウム、炭素、塩素など）や希ガス（ヘリウム、クリプトンなど）を測定することで分かる。地下水の年代を調べる利点は、地下水の保全や管理に役立つということが挙げられる。例えば、万が一、地表から化学物質が地下へ漏出した場合に、どの程度の時間をおいて生活圏へ影響が出てくるかという判断が行える。また、前述した地下水が流れる方向と合わせて考えれば、影響がどの地域に及ぶかという推測も立てられる。

地下水年代の研究では、富士山の南東に位置する柿田川湧水群が頻繁に取り上げられる。国交省（2017）によれば、柿田川湧水群の湧水量は日量100～110万 $\text{m}^3$ とされ、富士山周辺でも特に規模の大きな湧水地であるため、研究対象として注目が集まりやすい。この柿田川湧水における地下水の年代は、10年程度（馬原ほか、1993）や0～21年程度（Tosaki *et al.*, 2011）と推定されている。他にも小浜池、猪之頭湧水、湧玉池といった地点で研究が行われており、数年から数十年といった年代が報告されている。

以上のように、いずれの湧き水も一定の時間を経て地上へと表れるものである。そのため、地下水の保全や管理を考える上では長期的な視点での対応が必要になると考えられる。

#### 5. 駿河湾に湧き出す地下水

水循環の概念図（図1）によれば、地下水は海へと向かって流れ、最終的に海底面から流出するとされる。この現象は海底地下水湧出（Submarine Groundwater Discharge）、または海底湧水と呼ばれており、世界各地で研究が進められている。富士山が隣接する駿河湾においても古くから研究が行われており、一定量の地下水が駿河湾の海底から流出する可能性が示唆されている（落合、1969）。このような海底湧水を探るために、産総研では静岡県環境衛生科学研究所と協力して、海底湧水を探るための研究を行った。

最初期の調査として、駿河湾の沿岸域における海水中のラドン濃度を測定した（図4）。ラドンは半減期3.82日の放射性元素であり、その濃度は地下水で高く、海水で低い。この性質により、海底湧水が存在する海域においては海水中のラドン濃度が高くなるため、ラドン測定によって海底湧水の位置を推定できる。ラドン測定の結果では、富士川から田子の浦にかけて比較的高いラドン濃度が検出され、この海域において海底湧水が存在している可能性が示唆された。誌面の都合上、ここでは紹介できないが、講演発表では海底湧水の最新の研究成果について、水質データや海底で撮影した動画を交えて紹介する予定である。

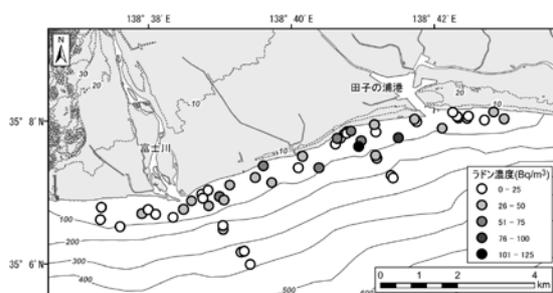


図4 富士川から田子の浦周辺の海域におけるラドン濃度分布（小野ほか、2013）

## 引用文献

- 岡部史郎・森永豊子(1968) 駿河湾に流入する河川とその河口海域におけるバナジウムおよびモリブデン. 日本化学雑誌, **89**, 3, 284-287.
- 落合敏郎(1969) 三島溶岩流中の岩罅地下水に関する研究—溶岩流断面における地下水の流速分布と間ゲキ率ならびに地下水流動量の算定—. 日本地下水学会会誌, **16-17**, 7-16.
- 小野昌彦・井川怜欧・町田功・丸井敦尚・村中康秀・神谷貴文・大山康一・伊藤彰(2016) 水文環境図 No. 9「富士山」説明書, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 59pp.
- 小野昌彦・丸井敦尚・小原直樹・井川怜欧(2013) 駿河湾浅海域における海底地下水湧出の予察的研究. 2013年度日本水文科学会学術大会発表要旨集, 63-64.
- フェスカ マキス(1884) 山梨縣甲州川口及山中兩湖水ノ分析. 地質調査所年報土性之部, M17, 1, 185-188.
- 馬原保典・五十嵐敏文・田中靖治(1993): 三島溶岩流内地下水の年代について. 地下水学会誌, **35**, 3, 201-215.
- 山本莊毅(1970) 富士山の水文学的研究—火山体の水文学序説—. 地理学評論, **43** (5), 267-284.
- Tosaki Y., Tase N., Sasa K., Takahashi T. and Nagashima Y. (2011): Estimation of Groundwater Residence Time Using the <sup>36</sup>Cl Bomb Pulse. *GROUND WATER*, **49** (6), 891-902.
- 国土交通省中部地方整備局沼津河川国道事務所(2017) 柿田川の自然: 水, <http://www.cbr.mlit.go.jp/numazu/river/kakita/shizen/index.html> (2017年8月14日確認)

## 「想像力の欠如」に陥らない防災

岩田孝仁，静岡大学 防災総合センター

### 1. 国難といえる巨大災害に立ち向かう

日本列島は、今世紀半ばまでには南海トラフ巨大地震など、国難ともいえる大規模災害に直面する可能性が高い。特に、駿河湾北部はプレート境界が陸域に及び富士川河口断層帯を抱えるなど、地質や地盤環境は複雑である。さらに北には日本の最高峰の活火山、富士山を抱える。このため、災害も地盤や活断層に起因する災害、土砂災害、津波災害に加え火山災害が複合化する可能性も視野に入れておく必要がある。

一方、駿河湾北部や富士山麓の地域には、日本でも有数の製造業を多く抱える工業地域でもあり、ひとたび巨大災害が発生するとその影響は甚大である。この国難に対処するためには、国や自治体、関係機関、企業、国民それぞれが持てる防災力を最大限に高めておく必要がある。

その時に備えて何ができるか、防災対策を的確に進めるためには、地域の災害環境を正しく知ることが重要である。1976年の東海地震説を受け、静岡県の防災対策は地質や地盤、津波、土砂災害、人工改変地など私たちを取り巻く災害環境の基礎資料の作成と情報発信からスタートした。対策手法が確立していない中、専門家だけでなく市民と情報共有しながら対策を検討し、地震対策の基礎を築いてきた。

### 2. 想像力の欠如が災害を拡大

2011年の東日本大震災以降、大きな災害が起きるたびに「想定外」という言葉がよく使われる。果たしてそうなのかはよく考える必要がある。864年の貞観地震では仙台平野に

2011年の津波とほぼ同程度の津波痕跡の記録が既に報告されていた。東京電力の福島第一原子力発電所の事故を専門家たちは想定外の津波が原因であったとして「想定外」の用語が多用されているに過ぎない。ノンフィクション作家の柳田邦男氏は、東日本大震災で特に深刻な被害に陥った原子力発電所の重大事故に関して、原子力に関する様々な専門家の想像力の欠如にその本質があると述べている。

筆者は、一般的な事故や災害では、行政や管理者などを含めた専門家だけの問題でなく、地域での生活者まで含めて、それぞれの想像力の欠如が問題であると考える。

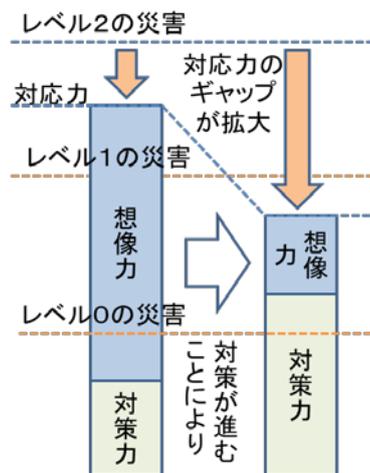


図1 想像力の欠如が被害を拡大

災害外力として数千年に一度でも起き得る最大クラスをレベル2、数十年から数百年に一度のクラスをレベル1とする概念が使われている。これに対し、毎年の台風や集中豪雨による洪水、土砂災害、震度5強程度の地震の揺れなど、市民が日々生活の中で、稀では

あっても時々体験する災害外力を「レベル0」と仮定する。

海岸の防潮堤や河川堤防、市街地の下水道や排水機能など、ハード面での防災対策がほとんど何もなかった時代には、レベル0クラスの災害外力でも、低地への浸水や河川の氾濫などが頻繁に発生していた。このため市民も想像力を駆使し、浸水し易い低地など災害常襲地域には住まない。住む場合も水害に備えて床を上げるなど、日常的に災害を意識した生活で乗り切ってきた。

戦後の高度成長期を迎えると、郊外の都市的土地利用が急速に進むこととなった。併せて、市街地を守る河川堤防や海岸防潮堤の整備、下水道や中小河川の排水機能の強化がされるなど、ハード面での防災対策が進むと、これまでは災害常襲地であっても日常的に被害を受けるような災害にあまり遭遇しなくなる。一見、レベル0クラスの災害は克服できたかの錯覚に陥る。これが逆効果になり、災害に対する想像力そのものが追いつかず、レベル1クラスの災害外力に遭遇すると、かえって激甚な被害を受けることになる。ましてやレベル2クラスの災害外力に対しては、全く太刀打ちできなくなる。



図2 明治から現代の土地利用の変化の例

まさに、明治から昭和にかけてだけでも都市近郊の土地利用の状況は大きく変化したた

め、土地本来の持つ固有の災害脆弱性を認識し難くなってきていることが、想像力を欠如させる大きな背景にある。専門家の想像力が働かないのは論外として、市民レベルも災害に対して身の回りで起きることへの想像力が欠如してきていることが大きな課題である。

### 3. 社会システムへの組み込みと防災教育：

地質や地盤、活断層など様々な災害環境情報を社会で有効に活用するためには、社会システムへの組み込みが重要となる。例えば自治体の国土利用計画や土地利用基本計画に地盤災害などに関する地質・地盤、活断層に関する留意点、土地利用の理念や基本方針を示し、不用意な都市的土地利用の抑制や最低限のルールを明示することは十分可能である。

近年では法律の制定により「津波災害警戒区域・特別警戒区域」や「土砂災害警戒区域・特別警戒区域」を指定し一定の土地利用制限も可能になった。地盤や活断層に関しても、既存には建築基準法による軟弱地盤区域の指定はできるが、新たに「高度利用制限」の可能性の議論を進める必要がある。

その一方で、身の周りの自然を知る教育は重要である。いざ大雨が降れば、地震が発生すれば、火山が噴火すれば何が起きるのか、それに向けた備えは何か、いざというときにどう行動するかなど、考える力が備わる。ただ単に経験に基づくだけでなく、科学的リテラシーを背景にした想像力をしっかり身につけることこそが、想定外をなくす近道と考える。まさにこれが防災教育である。

### 引用文献

宍倉正展ほか(2010), 平安の人々が見た巨大津波を再現するー西暦 869 年貞観津波ー, AFERC NEWS No. 16, 産業技術総合研究所.  
柳田邦男(2011), 「想定外」の罫, 文藝春秋.



# 【 ポスター発表 】

## 浮島ヶ原の沈降が示唆する富士川河口断層帯の活動

藤原 治（産業技術総合研究所 地質情報基盤センター）・藤野滋弘（筑波大学 生命環境科学研究科）・小松原純子（産業技術総合研究所 地質情報研究部門）・守田益宗（岡山理科大学 基礎理学科）

### 1. はじめに

浮島ヶ原は富士川河口断層帯の東側に広がる海岸の低地である（図1）。この低地は富士川河口断層帯の西側が隆起して丘陵や山地を作っているのに対して、大きな沈降帯を形成している（例えば、Yamazaki, 1992）。この低地はかつては池や沼が点在する低湿地だったが、主に江戸時代後期以降に行われた排水と干拓の結果、現在は水田や畑などになっている。浮島ヶ原には沈降で生じた空間を埋めて完新世の地層が厚く堆積している。この地層には富士川河口断層帯の活動と関連すると考えられる堆積環境の変化が繰り返し認められるので、それを Fujiwara *et al.* (2016)に基づいて解説する。

### 2. 地層と花粉化石が語る環境変化

低地西部での多数のボーリング結果によると、浮島ヶ原の表層数 m の地層は、泥炭層と有機物をあまり含まない粘土層が数十 cm～1 m ごとに繰り返し堆積している。粘土層は泥炭層を明瞭な境界で覆い、低地内で広く連続して分布している。

花粉化石の分析結果によると、泥炭層は湿地に生えるイネ科や、ヨモギなど常時は水に浸からない環境で生育する植物が主である。一方、粘土層ではそれらの植物が減少し、水中に生えるセリ科などの植物や水際に生えるヤナギ属などの低木が増加する。粘土層の上部ではこれとは逆に、水中に生える植物が減少しイネ科などの植物の割合が増加する。そして再び泥炭が堆積するようになる。

地層の層相と花粉化石が示す環境変化は、低地内での水位変化を示していると考えられる。つまり、泥炭が堆積している時期には低地内の水が低く、水から顔を出したジメジメした土地が広がっていた。そこに急な水位上昇が起きて低地内に池や沼が出来た結果、それまで生えていた植物の多くは枯れてしまい、水中や水際に生える植物に入れ替わった。低地全体としては植物の量が減ったために、泥炭ではなく粘土層が堆積するようになった。池や沼が流入する堆積物や植物遺体で次第に埋め立てられると、再び土地が広がってイネ科などの植物が茂るようになった。このことから、一組の泥炭層と粘土層は、急激な水位上昇とその後のゆっくりとした埋め立ての過程を示していると解釈される。

### 3. 浮島ヶ原の環境変化と富士川河口断層帯の活動との関係

多数の  $^{14}\text{C}$  年代測定や火山灰分析の結果から、粘土層の堆積開始が示す水位の急上昇は、西暦 500 年頃から 1500 年頃の間 5 回認められる。より新しい時代の地層は水田耕作の影響で乱されている。低地での水位の急上昇とその後の数百年かけた埋め立てという繰り返しは、時間間隔が長すぎて、台風の大雨など気象現象による低地の冠水では説明できない。もっとも考えられるのは、富士川河口断層帯の活動に伴う低地の沈降である（図2）。

5 回の沈降が起きたと考えられる時期は、6-7 世紀、7 世紀後半、8-9 世紀前半、10-

12 世紀, 14 世紀である. これらと南海トラフ・駿河トラフで発生した歴史地震との関係については, 年代測定データが十分ではなく, 現状では直接結びつけることはできない.

#### 4. 富士川河口断層帯の長期評価との関係

地震調査研究推進本部 (2010) は, 富士川河口断層帯の活動間隔について長・短 2 通りの解釈を示している. 長い方の活動間隔は, 富士川河口断層帯周辺に分布する段丘地形や地層の情報に基づくもので, 平均活動間隔は 1,300-1,600 年, 1 回の地震で断層帯の西側が東側に対して 10 m 程度隆起すると推定されている. 短い方の活動間隔は浮島ヶ原の環境変化に基づくもので, 平均活動間隔は 150-300 年, 1 回の地震で西側が東側に対して 1-2 m 程度隆起するとされる. 今回得られたデータは, 後者を支持している.

#### 引用文献

Fujiwara, O., Fujino, S., Komatsubara, J., Morita, Y. and Namegaya, Y. (2016) Paleocological evidence for coastal subsidence during five great earthquakes in the past 1500 years along the northern onshore continuation of the Nankai subduction zone. *Quaternary International*, **397**, 523-540.

地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2010) 富士川河口断層帯の長期評価の一部改訂について. [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10oct\\_fujikawa/](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10oct_fujikawa/)

Yamazaki, H. (1992) Tectonics of a plate collision along the northern margin of Izu Peninsula, central Japan. *Bulletin of Geological Survey of Japan*, **43**, 603-657.

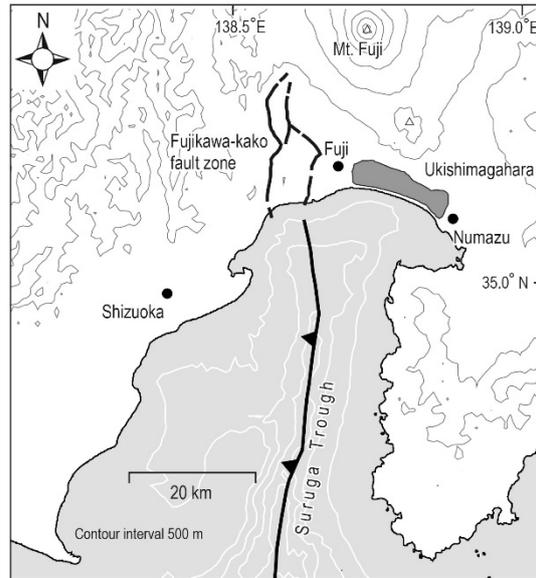


図 1 富士川河口断層帯と浮島ヶ原の位置

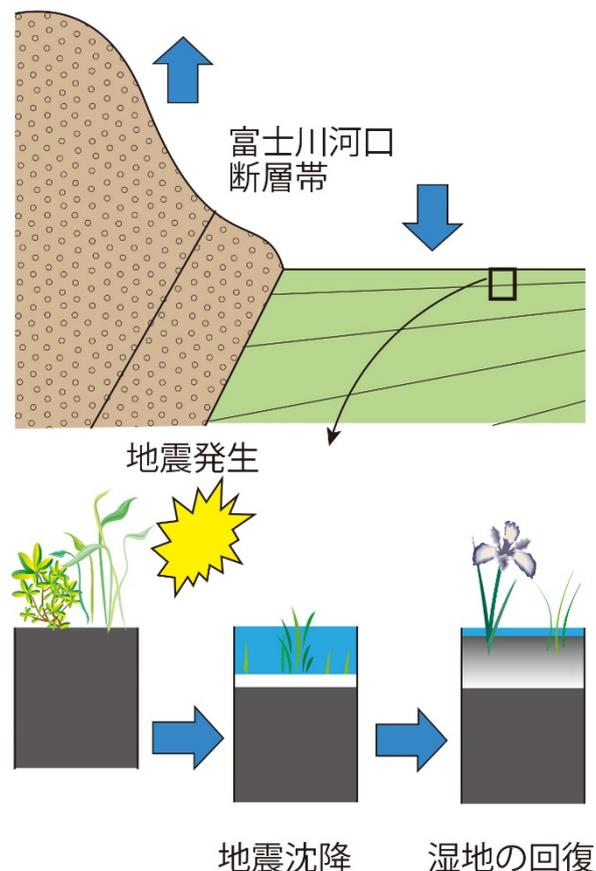


図 2 富士川河口断層帯の活動と浮島ヶ原の環境変化との関係



---

**第 25 回・第 26 回地質調査総合センターシンポジウム**  
**富士山 5,000m の科学 ―駿河湾北部の地質と自然を探る―**

編集・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 つくば中央第 7  
<https://www.gsj.jp/>

発行日  
2018 年 1 月 22 日

---

