

産 総 研

LINK

技術を社会へつなげるコミュニケーション・マガジン

No.34

3

2021 March

特集

大地の記憶をたどり、大地の声を聴く

■ CROSS LINK

地質の情報を伝える、とは

GEOLOGICAL COLUMN: 『糸魚川訪問』

■ NEW TECHNOLOGY

火山の一生を知る

津波堆積物からわかる過去そして未来の“地震の姿”

GEOLOGICAL COLUMN: 『チバニアン』

地下水・地殻ひずみで地震を予測する

GEOLOGICAL COLUMN: 『ひずみ計』

必要とされる地下の地質情報を
よりわかりやすく伝える!

GEOLOGICAL COLUMN: 『いろいろな地図』





大地の記憶をたどり、 大地の声を聴く

大地は動き、かたちを変え、
水はめぐり、生き物を潤す。

何千年、何万年、そして何億年と続く営み。
どのようなときも地球は息づき、
新たな流れが訪れるとき、石は時間を刻んでいく。

地球の壮大な営みは、人にとっての恵みとなり、ときに大きな災いともなる。
私たちは、そのありのままの姿を日々解き明かそうとする。
人が地球とうまく付き合うため、科学はどんな言葉で伝えられるだろう。



地質の情報を伝える、とは

日常にないスケールの魅力を共有する



産総研 地質調査総合センター
地質標本館(茨城県つくば市)
館長

森田 澄人

Morita Sumito

わかりやすさと科学的な正確さの狭間で

竹之内 フォッサマグナミュージアムは1994年に開館した新潟県糸魚川市立の地質系博物館です。糸魚川は日本列島の成り立ちと深く関わるフォッサマグナ(ラテン語で「大きな溝」の意)の西の境界線(糸魚川-静岡構造線)が通り、地質資源にとっても恵まれています。古生代から新生代まで、日本列島の生い立ちがコンパクトにまとまっている地域でもあり、2008年に日本ジオパーク(*)に認定され、2009年には日本で初めて世界ジオパーク(2015年よりユネスコ正式プログラム)となりました。

当館はこのような地域の博物館として、フォッサマグナをキーワードに大地の物語を理解してもらえよう、同時に、地震や火山、地滑りなどの自然災害についても学べるよう展示しています。

特に意識しているのは、来館者に非日常を感じてもらいたいということです。地質学は1万年、100万年、1000万年という長い時間軸で理解する必要がありますし、また日本列島が割れたり、大陸が合体したりというように、これまた日常とはかけ離れた空間スケールを持っています。しかも、物理学や化学と違って地質学的な現象は再現ができません。このような大地

東日本大震災から10年。あの時、自分たちの立つ大地の情報の重要さに、気づいた人は多いだろう。しかし、重要であるにもかかわらず、地質の情報は、なかなか世の中には広く伝わりにくいところがある。ここでは産総研の展示施設である地質標本館と、地域の地質の代表的博物館であるフォッサマグナミュージアムの「地質情報を伝える」取り組みを通じて、地質の魅力やその情報を伝えるための工夫などについて紹介する。



フォッサマグナミュージアム
(新潟県糸魚川市)
館長

竹之内 耕
Takenouchi Ko

の営みを、非日常的な時間・空間スケールで考え、理解できることが地質学の大きな魅力だと思います。

そのような魅力を、子どもから大人まで、一般からマニアの方にまで楽しんでもらえるようにと展示物を作っています。展示の解説は、以前は高校1年生が理解できることを目指していましたが、世界ジオパークの審査員から「12歳でもわかるような内容にしたほうがよい」とアドバイスを受け、現在では小学校高学年でもわかるような言葉で説明しています。そんなに平易にして正確に伝わるのだろうかと思ひながら、情報の枝葉を落とし、俳句を詠むような気持ちで解説文を書きました。12歳が

わかるようでないと、地学の素人には伝わらないというのは確かにそうだと思います。

森田 地質標本館は、つくば市にある産総研の施設ですが、そのベースには、明治15年に地質調査所として設立されて以来、139年にわたって国の地質の調査を担ってきた産総研の地質調査総合センターがあります。地質標本館はこの研究所のミュージアムとして「地質研究の成果発信」と「一般的な地学・地球科学の普及・啓発」という2つの役割を担っています。そのため、私たちも先端的な研究成果と一般向けの科学を並行して伝えるという難しさをいつも感じています。老若男女問わず、一般からマニア、専門家まで幅広い層が訪れる中で、フォッサマグナミュージアムと同じように、わかりやすさと科学の正確さの両立に悩みながら展示や解説に努めています。

当館の大きな特徴は、地質調査総合センターに所属する200名以上の研究者が後ろに控えていることです。皆、専門性が異なっていて、全体として広く地球科学をカバーしていますので、ここから伝えられる科学の広さと深さのメリットを感じています。ただ、施設の性格上、正確さが優先される場合がありますので、来場者アンケートには「むずかしい」と書かれることも頻繁で、両立はなかなか難しいと感じています。

伝わるように伝えるための さまざまな工夫

森田 糸魚川は、古生代から新生代まで、地質時代が非常に幅広く、地層や岩石の種類もとても豊富なので、地質には本当に恵まれた地域ですね。フォッサマグナミュージアムはそのような地の利がよく生かされた見事な博物館だと感じています。日本列島の形成を語るうえで、夢を提供できる理想的な場所とも言えると思います。

ヒスイだけを大量に並べた展示室や、30種類ものさまざまな岩石を一覧できる展示室には圧倒されますね。最後まで見ごたえのある展示が続きますので、初めて訪ねてきたとき、見学を終

「きれいな石や崖、断層を見て
糸魚川を、日本列島を学ぶきっかけに
してもらえるとうれいす」



えた頃にはぐったり、すっかりエネルギーを使い果たしていたことを覚えています。

竹之内 博物館なので標本で圧倒すべきだという思いはありますね。第1展示室では市内の海岸などで見つかったヒスイを約700標本、第6展示室では日本や世界の鉱物を約3500標本展示していますが、そのように量で圧倒することで地球の構成物の多様さを感覚的にもわかってもらえるのではないかと思います。それだけ多くのヒスイが並んでいれば、緑だけではなく、さまざまな色のヒスイがあることが、説明しなくてもわかります。1種類の鉱物についても何標本も並べていますが、それは、同じ鉱物でも結晶の形や大きさは多様であることを見てほしいからです。

実物を見て理解してもらおうというか、標本に語ることは、博物館の重要な役割です。その点では、地質標本館には膨大な標本があることを、とてもうらやましく感じています。

森田 静かに標本に語らせ、またそれを感じとってもらうことは大切ですね。当館は、所蔵として15万点以上、館内では約2000点を展示しています。ただ地質の情報というのは標本だけでは伝えきれません。火山や地震、海洋や資源などの研究成果、またそれぞれの地域の地質の成り立ちや、その背景について伝えていくこともとても大事だと考えています。

竹之内 地質情報のさまざまな側面を伝える難しさは私も日々感じています。まずは、地球の歴史をひもとく基本材料である岩石というものに、いかに興味を持ってもらえるかを考えています。糸魚川の海岸には、ヒスイをはじめいろいろな石が落ちていて、それらは波に磨かれてさまざまな形になっています。きれいな色のものもあれば、絵のようなシミが浮かんでいるものもあり、楽しみ方もいろいろです。当館では、石の世界に誘う動機付けとし

て、2019年に「おもしろ石コンテスト」を開催した経験があります。糸魚川市内で拾った色や形などがユニークな石を募集したところ、全国から400点ほどの応募がありました。

森田 岩石はそもそもゴツゴツして固いイメージで、なんだか手強さを感じますよね。「おもしろ石コンテスト」はとても楽しめました。このような企画は興味のタネをまく一つになり得ますし、一般の方の視点もわかって勉強にもなります。

私たちが伝える工夫としては、文字だけの情報よりは絵や動画を、平面的な情報よりは立体的な情報を、抽象的なものよりは実体に即した実物をといた方針で、まずは受け取ってもらいやすいこと、さらに押しつけ情報よりも受け手が能動的に体験・体感できるものを、と意識しています。

また、今はインターネットの活用もとても重要ですね。ネット関連の技術進展はとても速いので、しっかりと情報にアンテナを張りながら、上手に取り入れ、ウェブサイトなどに効果的に活用していかななくてはならないと考えています。体感という点ではVRやARも有効でしょうね。新しい技術として、近年はプロジェクション・マッピングを取り入れています、たいへん好評を得ています。

竹之内 当館では情報を受け取りやすくするために、過去の日本列島の姿はグラフィックで伝える、双方向型や体験型の展示を増やす(コロナ禍で現在は使用中止)などの工夫をしています。特にグラフィックは、過去の地球を理解してもらうためには欠かせません。CGは一部の映像で導入していますが、VRやARは予算面や技術面の考慮が必要で、やってみたいですがこれからの課題です。



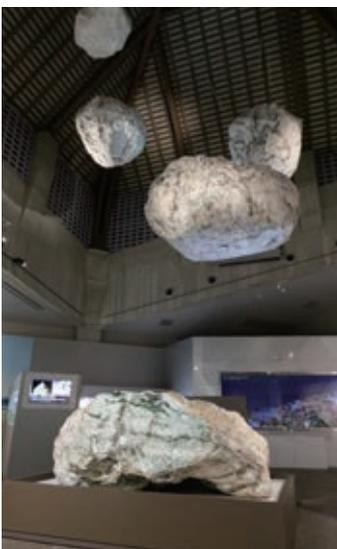
200インチの壁・床一体型の巨大スクリーンに展開される日本列島の誕生や、フォッサマグナと日本海の形成の映像はフォッサマグナミュージアムで必ず見てほしい展示

地質災害に関わる情報をどう伝えるか

森田 地質は身近なものであるはずなのに、自分が住んでいる地域の地質ですら、多くの人はあまり関心を持っていません。地学という教科を開講している高校も少なく、基礎的な知識が備わっていない人が多いためか、自分たちの地域にどのような災害リスクがあるかでさえ、興味を持たれず、認識もされていないと感じています。

竹之内 私たちは地域の公民館で災害関連の出前講座をすることもよくあります。糸魚川の地質が多様だということは、噴火や地震、地滑り、雪崩、津波など、多様な自然災害のリスクがあることでもあるのですが、そこで教科書的な話をしても理解されないのです。糸魚川の暮らしと関連づけて話をするようにしています。

例えば、軟らかい地層でできたフォッサマグナでは地滑りが起きやすいと伝えたいとき「地滑りが、糸魚川の棚田の景観をつくっている」ということからはじめます。平地が少ない山間地では、地滑りによってできた緩斜面が水田の適地になるからです。地滑り地は地下水が豊富で水もちがいいですし、地滑り後に棚田を復旧させると、お米の収量が増えると言われていきます。地滑りが自動的に耕してくれるというわけです。「禍福は糾える縄の如し」で、地滑りは災害である反面、恩恵をもたらす側面もあるわけです。活火山は噴火の危険はありますが、温泉も楽しめます。そのような身近にある人間と自然のかかわりから、大地の生い立ちの一現象である自然災害について考えてもらうことを心がけています。



フォッサマグナミュージアムでは、一大産地であるヒスイを中心に、日本国内や世界のいろいろな鉱物、岩石、化石が多数展示されている



「地質・地形は、
人社会の成り立ちと深くかかわり、
文化や歴史をつくります」

森田 情報も伝え方次第ということですね。災害にかかわる情報は伝え続けることも大切です。大きな自然災害が起こると地質に注目が集まりますが、これまでも発信しているはずが、うまく利用されず「想定外の災害」と呼ばれます。また、注目されても一時的なものに終わってなかなか浸透しない。

火山噴火や地震にかかわる新しい情報は、国への報告や、論文、ホームページなどを通して公表していますが、情報は発信された後、普及し、浸透しなくては活かされません。少し似ていますが、情報の階層としてDIKWという概念があって、Data（データ）が集まるとInformation（情報）になり、それが集まるとKnowledge（知識）に、さらにそれが集まるとWisdom（知恵）になるというものです。「正しく恐れる」とも言われますが、私たちが発信した情報が普及さらに浸透にまで至ったとき、それはきっと皆さんの知識や知恵となって、自分たちで考えて行動してもらえるところまで持っていけるんだと思います。

不安をおおるつもりはありませんが、富士山は単純に平均すると100年足らずの間隔で噴火しています。しかし、この300年間は噴火していません。南海トラフの巨大地震も歴史的に何度も繰り返されています。ほかの地域も含め、このような火山噴火や巨大地震がふつうに起こりうる現象という認識が浸透するには、どのような伝え方ができるだろうかと考えています。

竹之内 糸魚川市の学校ではジオパーク学習を正規のカリキュラムとしており、毎年、市内の学校が集まってジオパーク学習の発表会を開催しています。そこで近隣の学校の発表を聞くことで地域の地形・地質の全体像がわかり、地域の災害を伝える仕組みとして機能していると感じています。

森田 なるほど。学校の先生をオピニオンリーダーとして、また

自治体などとも連携して地域の情報を伝えていくことが、今後ますます重要になってきますね。

地質情報を発信し続け 社会に貢献する博物館となる

竹之内 フォッサマグナミュージアムは開館27年を迎えますが、今後50年、100年と存続していくためにも、一般の人や子どもに向けた社会教育の側面を大切にするとともに、地域から信頼される活動を行う、地域に貢献する博物館でありたいと考えています。

数年前、地域のある川が白濁して、ニジマスが死んだり、田んぼのイネが枯れたりしたことがありました。市からの調査依頼を受け、私たちは地質調査に出て発生源を抑え、分析を行ったところ、地下から温泉が噴き上げて白い粘土鉱物が川に流れ込んだからだとわかりました。迅速に調査し、原因を特定して公民館などで報告を行いました。このようなことも私たちのできる地域貢献の一つです。

また、2016年に糸魚川で大火がありました。出火場所はラーメン店ですが、一気に延焼したのはその日に強風が吹いていたためです。糸魚川-静岡構造線に沿ってできた谷地形が、強い南風が吹き下ろしてくる通路になりました。調べたところ、この地域では、最近の約200年間で14回大火に見舞われていたことがわかりました。つまり、大火は地形からくる風害とも言えるわけで、その因果関係が認められ、先の大火では自然災害による被災者が対象となる「被災者生活再建支援法」が適用されました。地質情報は、人々の暮らし方や自然災害の根っこの情報ですので、積極的な情報発信をして、地域に役立てていきたいです。

森田 産総研の研究は、火山の噴火や、地震、津波などの地質災害から、地下資源、環境など幅広い分野に及んでいます

ので、これらをきちんと発信していくことがさまざまな社会課題の解決につながっていくと考えています。そのためにも研究成果をできるだけ早く、わかりやすく伝え、浸透させ、活用してもらうため、地質標本館としては先にお話ししたように、発信手段の選択とその工夫が必要と認識しています。

もう一つ、地質情報を発信し続けていくためには人材育成も大切です。地学の世界においても、研究分野が多岐にわたり実際に山に入らなくても研究できるケースが増えています。しかし、伝える立場になったとき、自ら地層を前にして、その場で語れる研究者を育成し続けていかなくては、情報を伝える手段の幅が狭まってしまうと危惧しています。また、そもそもの課題として、地学への親しみを広げることがとても大切です。

竹之内 まずはどんなきっかけでもいいですから、地質学に興味を持ってほしいですね。若い職員の発想で、アニメ化もされた『宝石の国』というマンガとコラボレーションしたことがあるのですが、その企画展には従来にない来館者層の多くの入場があり、コラボレーションもいききっかけとなると実感しました。今後も柔軟な発想で、裾野を広げていく活動に取り組んでいきたいです。

森田 地質標本館も『恋する小惑星』というアニメで取り上げていただき、作品のファンの方々の来館がとても増えました。例年、来館者アンケートではほとんどの方が満足と書いてくださっていますから、まずは来てもらいたい。アニメなども、そのきっかけをつくってもらえるのはとてもありがたいですね。

私たちも、発信する情報についてどのように興味を持ってもらうのか、その興味のタネをどのようにまいていけばよいかなど、戦略的に考え、伝える努力を続けながら皆さんの暮らしに役立てていきたいと考えています。

* ジオパーク…地球・大地(ジオ:Geo)と公園(パーク:Park)を組み合わせた言葉で、重要な地質や地形を保護し、地域社会の持続可能な発展をめざすエリアのこと。

ぜひ来館して、地球の壮大な歴史を体感してください!

産総研 地質調査総合センター 地質標本館

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1
hyohon-kan-ml@aist.go.jp 029-861-3750
<https://www.gsj.jp/Muse/>

フォッサマグナミュージアム

〒941-0056 新潟県糸魚川市大字一ノ宮1313 (美山公園内)
museum@city.itoigawa.lg.jp 025-553-1880
<https://fmm.geo-itoigawa.com/>

『糸魚川訪問』

地質標本館 館長

森田 澄人

Morita Sumito

糸 魚川の駅に降り立ち、まず地質図を開く。それは斬新な近代アートか、それを手がけるパレットのようで、暖かい色から冷たい色、淡い色から深い色、とてもカラフルにさまざまな色が配されています。糸魚川と言えば、日本の石、淡く緑に光るヒスイの産地。そして、日本列島を形づくる最大の事件、日本海の形成にかかわり、その後フォッサマグナのきわつきわ(極めて際)の歴史を記録したところです。さらに、糸魚川はたいへんな地質の宝庫。そこに輝くのはヒスイだけでなく、古生代オルドビス紀から現在まで、およそ4億年以上にわたるきわめて長大な地質時代の中でつくられた、多種多様な地層や岩盤が分布しています。日本で最初の世界ジオパークに認定されたこの地は、地質の旅には申し分のない、ジオサイトのスターぞろいです。

まず私たちは、地質図の上でひときわ目立つ青く塗られた地域を目指しました。それは明星山地域に広がる古生代石炭紀〜ペルム紀の石灰岩。かつてパンゲア大陸を取り囲むパンサラッサの暖かな青い海で、プレートに運ばれながら火山島の上でゆっくりと成長していったはずのサンゴ礁であり、今は巨大な暗灰色の巖壁として姿を現しています。またとなりの地域には、美しく艶のある濃緑色の蛇紋岩や、やはり古生代の縞模様が際立つ高圧変成岩体が分布します。これらは沈み込むプレートによって地下数10 kmの深さまで引きずり込まれ、その後見事に地上に生還した者たち。いわゆる行って帰ってきたヤツらです。そしてヒスイもその仲間。それぞれまったく異なるルートで長く過酷な旅をしてきた者同士。皆、大陸の縁に落ち着いた時には、将来、恐竜の時代がやって来ることすら予想もなかったでしょう。そして、ずっと後に来る日本海の形成期には、大陸からの分断や、巨大な地溝帯(フォッサマグナ)の形成、繰り返される火山活動を、この者たちは地域の長老のような思いで見守っていたでしょうか。

フォッサマグナの西の端、糸魚川-静岡構造線に沿って流れる姫川は、糸魚川の地質を切り刻み、その大半を集約して日本海に注ぎます。旅のおわり、河口から出た海岸にたどり着くと、そこには色とりどりの円礫が広がっていました。日本には五色浜などと呼ばれる海岸がたくさんありますが、ここにはなんと30種もの石が集まるという。この見事にも多彩な玉砂利の集まりは、カラフルな地質図で見た、この地域の地質の時代と種類の幅広さを証明しています。

新潟焼山の火山活動など、現在も糸魚川の地質はゆっくりと進化しています。糸魚川全体が、地球の歴史を飲み込み、大地のエネルギーに満ちたミュージアムと言ってよいでしょう。それはもう素敵でしかなく、そのような糸魚川に無性に惹かれるのです。これからずっと先の将来、あの海岸で見たカラフルな玉砂利が集まる円礫層を第四紀完新世の地層として望んでみたい。そのような気にすなりました。



ぜんぶ蛇紋岩

火山の一生を知る

年代測定法で歴史を知り、
未来につなげる

地質調査総合センター
活断層・火山研究部門
火山活動研究グループ 主任研究員

山崎 誠子
Yamasaki Seiko

KEY POINT

近年、活火山の活動評価には、歴史記録に残る噴火だけでなく、数万年から数十万年という長いスケールでの噴火履歴を知らなければならぬことがわかってきた。産総研では、**地質学的な長い時間を調べるための年代測定法**を使って**火山の一生**を追い、「**火山の活動史**」を明らかにすることで、現在の**火山の状態**を**評価・分析し、防災・減災に貢献**する研究に取り組んでいる。

火山岩の年代を測り、火山の一生を追う

その山は活火山なのか。次の噴火はいつ頃で、どのようなタイプの噴火だと考えられるのか？火山の近隣の住民や登山者にとって、噴火に関する情報は命や財産を守るために非常に重要だ。そしてそのような将来の噴火や規模を予測するには、その火山がいつ、どのようにでき、どのように活動してきたかという活動史を知ることが、重要な手がかりとなる。

産総研はそのために複数の年代測定の研究を行い、火山活動の履歴の把握に務めている。年代測定というのは、地質的なイベントがいつ起こったのかを測る技術であり、火山の場合は過去の噴火が測定対象となる。地質調査で見つかった、複数の噴火の痕跡や、火山体を形成する岩石の年代を測定することで活動史を明らかにし、その火山はどのように成長してきたのか、現在その火山はどのような段階にあるのか、活動に周期性があるのか、次の噴火が近づいているのか、というよ

うな将来予測の材料となる基礎データを蓄積している。

火山活動研究グループの山崎誠子は、そういった火山噴出物の年代測定の研究に取り組んでいる。

「リアルタイムで噴火が近づいているかどうかは、地震計や傾斜計、火山ガスなどの観測データから判断され、異常が検知されたときには気象庁から噴火警戒レベルなどとして注意が出ます。しかし、どのようなタイプの噴火が起こりそうか、一度始まった噴火がどのように移り変わっていきそうか、ということに対しては、過去の履歴が重要で、いつ、どのような活動をしてきたかを詳しく調べて、対策をたてる必要があります」

複数の年代測定法を用い 適用範囲の空白を埋めていく

年代測定法にはさまざまな種類があり、測定できる年代の範囲や対象となる試料がそれぞれ異なる。

「放射性炭素年代測定法(^{14}C 法)」は、放射性炭素14の割合を大気中と地層に含まれる生物由来の炭素とで比較し、その生物が死んでからの時間を測定する方法だ。理科の教科書にも登場する比較的よく知られた手法であり、名前を見聞きしたことがある人も多いのではないだろうか。この測定法が得意とする範囲は、数万年までと比較的“新しい”年代であり、炭素を含む試料にのみ適用できる。

しかし、溶岩など調査の対象物に生物の痕跡があるとは限らず、この手法が使えないこともある。その場合に用いられる方法の一つが、カリウムを含む試料を測定する「カリウム-アルゴン年代測定法(K-Ar法)」だ。カリウムは地殻中で7番目に多い元素で、多くの岩石や鉱物に含まれている。この測定法は、カリウム40(^{40}K)というカリウムの放射性同位体がアルゴン40(^{40}Ar)に放射壊変する量の時間的変化を利用している。岩石が形成された時点では気体であるアルゴンはほとんど含まれないため、調べたい岩石の中の ^{40}Ar 含有量と、残っている ^{40}K の量を計量することで、岩石の年代を測定できる。

「従来のK-Ar法では基本的に数十万年から数億年の岩石や鉱物が対象となります。放射炭素年代が適用できる範囲と従来のK-Ar法が適用できる範囲の間にある『数万年～数十万年』の期間は空白域となっており、日本の火山でもまだデータが不十分です。そこを埋めるための手法開発を進めています」

山崎はK-Ar法とその発展形であるAr/Ar法による年代測定を専門としており、これまで数十万年前より古い年代しかわからなかったこの測定方法を、1万年前付近まで測定できるようにしようとしているのだ。現在の課題は測定精度と確度の向上だ。K-Ar法は風化した岩石を用いるとアルゴンが岩石から外に出てしまっているため、“正しい”年代を示さない。また、異なる時期にできた鉱物の集合体である岩石をそのまま測っても

噴火の年代とは言えない。「どんな試料を測定しても値自体は出ます。測定で生じる誤差として現れる精度と、その測定値が正しいかどうかは別に評価する必要があり、試料自体に起因する原因は採取や前処理で気をつけるしかありません」。そのため風化の少ない「新鮮な岩石」を求めて険しい山の中に行き、腰と、脚にその重さを感じながら持ち帰った岩石を丹念に処理し、測定を行う日々を送っている。

防災・減災に向けた情報発信を

過去の噴火活動をもとに防災計画やハザードマップがつけられていくため、データの空白期間を埋めていくことは非常に重要だ。しかし、どんなにデータを整えても、その情報が利用されなければ意味がない。今まで積み重ねられてきた火山研究者の研究成果を「知識」として整理し、行政や登山者などが使える「情報」としなくてはならないと山崎は考えている。

「年代の情報だけでなく、地質調査や他の研究成果も含めた情報が総合的に反映されている火山地質図は、自治体の防災協議会でも活用されています。しかし、このような専門的な場所だけでなく、もっと広く研究成果を伝えていくことも必要だと感じています」

どれだけ研究を重ねても次の噴火を予測することは難しい。しかし難しいとばかりも言っていない。そのためにも、自らの研究を進めるだけでなく、関連する研究を行う研究者と連携し、より社会に役立つ情報として発信する必要がある。さらには、より多くの人に、火山だけでなく地質のことをわかりやすく伝えていくことで、情報の受け手側に理解してもらえる土壌をつくることも大事だと感じている。地質の研究を総合的に行う産総研だからこそできる連携と情報発信を、これからも模索していく。

火山のことで知りたいことがあればぜひ一度ご相談を!

産総研
地質調査総合センター
活断層・火山研究部門

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 つくば中央第7
ievg-webmaster-ml@aist.go.jp
<https://unit.aist.go.jp/ievg/>

津波堆積物からわかる

過去そして未来の“地震の姿”

防災・減災対策に役立つ情報を伝える



地質調査総合センター
活断層・火山研究部門
副研究部門長

藤原 治

Fujiwara Osamu

KEY POINT

過去の大震災を教訓として、将来発生することが予想される大地震に対してどのように備えるべきか、多くの研究機関がさまざまな研究手法で調査・研究し、その成果を防災・減災に役立てようとしている。産総研では**地質の専門家**たちが、**過去の津波が残した地層を調査**する手法で、**海溝型地震の発生時期**や**津波浸水範囲**などを**推定**し、**将来の地震予測**につなげようとしている。

文献にない過去を調べる

南海トラフでは、そう遠くない将来、東海地震や南海地震と呼ばれる巨大地震の発生が予測されている。これらは

2011年の東北地方太平洋沖地震と同じく、プレート境界付近で起こる海溝型地震で、規模が大きく、揺れる時間も長い。震源が海の下になるため発生すれば津波も生じる。これらの巨大地震が、次はいつ、どこで起き、その規模や影

響範囲がどのくらいになるのかを追究することは、地震研究にとっても、防災や減災対策を進めていくうえでもポイントとなる。被害を抑えるための対策や地域の人々の準備などが考えやすくなるからだ。

これまで、この「いつ、どこで、どのくらい」という3点を調査する方法としては、過去の文献を調査することが中心だった。例えば、南海地震については、古くは684年の白鳳時代の記録が「日本書紀」に残っており、その後も887年、1099年、1361年……と歴史資料が比較的調っていることもあり、発生時期をある程度追うことができた。いずれの地震も発生間隔に一定の規則性があるように見えることから、「どこで」だけでなく「いつ」についてもある程度の目安が立てられるのではないかと考えられてきた。しかし、現在記録上確認されている発生の間隔は90～260年とかなり幅があり、ここから次の地震のタイミングを具体的に示すことは難しい。活断層・火山研究部門の藤原治は、地震のタイミングに関して「過去の文献記録には空白の期間があり、地震のパターンはそれほど明確になっているわけではない」と言う。

例えば、発生が懸念されている東海地震は、西隣の領域で発生する南海地震と連動して発生する危険性が指摘されてきた。1707年宝永地震は、南海地震と東海地震の領域を含む南海トラフのほぼ全体が同時に地震を起こした。同じように887年に起きた南海地震のときも、東海地震が連動して発生した可能性が指摘されていた。しかし、東海地震が文献に残る最も古い記録は1096年で、南海地震に関する文献が存在する7～11世紀には東海地震の発生についての情報は未確認である。また、12世紀以降の地震についても、東海・南海地震のどちらか一方の記録しかないこともあり、2つの地震が互いにどういうタイミングで起きているかは必ずしも明らかでなかった。

このような場合に有力な手掛かりとなるのが、津波堆積物の調査だ。津波堆積物とは、津波とともに海から海岸や内陸部に運ばれた土砂などが、波が引いた後もその場に残留して堆積してできた地層のことだ。砂だけでなく、がれきや海の生き物など、さまざまなものが混ざっていることもあり、過去に津波を経験した土地の歴史を示すものと言える。

産総研は2011年から実施した静岡県西部を流れる太田

川流域での調査で、7世紀末と9世紀末に東海地震が起きたことを示す津波堆積物を発見した。特に9世紀末の津波堆積物は、887年の南海地震が東海地震と連動して同時発生したという歴史記録に基づく推測を裏付けることになった。7世紀から11世紀の文献記録の空白期間を地質調査によって埋めることができたのである。

津波堆積物の調査結果と歴史的な史料を照らし合わせることで、当時の津波の発生状況をより正確に復元していくことも可能となる。しかし、信頼性の高い史料は江戸時代以降のものが大半で、さかのぼれても数百年程度だ。それ以前にさかのぼろうとすると、津波堆積物など地層や地形に残された地震の痕跡に頼るほかはない。津波堆積物を調査することは、津波を伴う巨大地震の繰り返しパターンをより長い期間で把握し、検証することに役立つのだ。

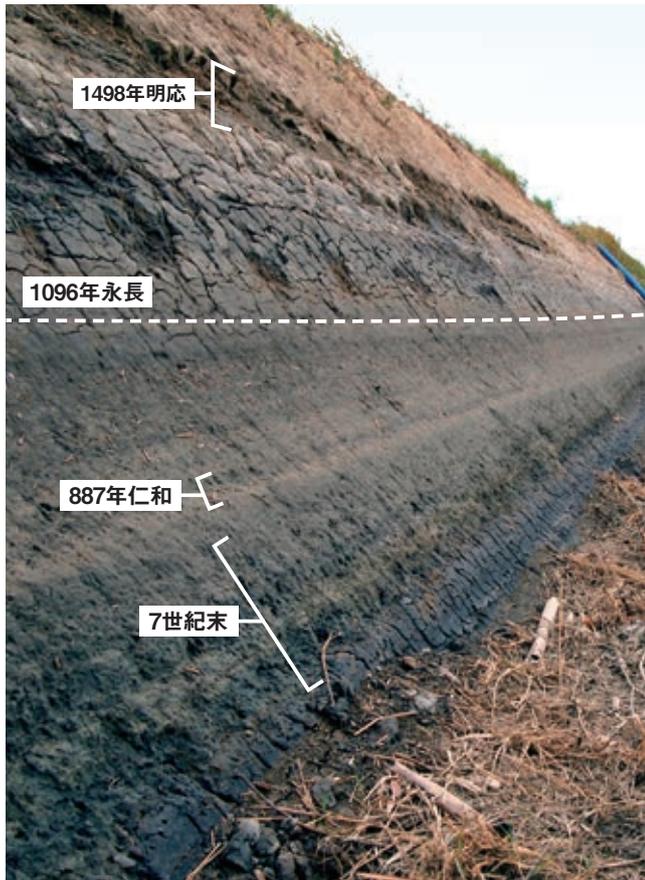
浸水域がわかれば津波の規模もわかる

前述した太田川低地での調査は、近隣の高校地学教諭の青島晃氏が、地学クラブで活動中の生徒と一緒に太田川の川幅拡張工事の際にできた大きな露頭に津波堆積物らしき地層を見つけ、藤原に連絡してきたのがきっかけだった。彼は以前に藤原の津波堆積物についての講演を聴いており、露頭の地層を見てピンときたのだと言う。

添付されていた写真と、その工事現場の土地の地質を示す柱状図から、津波堆積物である可能性が極めて高いと考えた藤原は、早速調査をスタートさせた。もともと防災意識が高い地域で、東日本大震災直後ということもあり、行政も調査には非常に協力的だった。

調査の結果、この露頭から7世紀末、9世紀末、11-12世紀、15世紀後半から17世紀初頭の4枚の津波堆積物が発見された。うち7世紀末と9世紀末については、前述の通り、これまで歴史記録が確認されていない時代に起きた、東海地震による津波の跡だった。

「これにより、7世紀までさかのぼって東海地震の繰り返しパターンを明らかにできました。これで東海地震は全部で9回が復元できたこととなります。南海地震も8～9回の復元ができており、わかっているほぼすべての2つの地震について、お互いが同時、あるいは数年以内に発生しているこ



発見された太田川低地の津波堆積物跡

とを示すことができました」

太田川低地の調査は、藤原自身では発見できなかった露頭を調べる機会に恵まれたことに加え、川幅拡張工事が広範囲にわたって行われていたために、調査が海から陸方向へ1 km以上にわたって行えたという幸運も重なった。

津波堆積物の分布から浸水域を把握することで、過去に起きた津波の規模なども推定できるようになる。さらに、浸水域や津波堆積物の厚さ・粒子のサイズは、津波の大きさやそれが起こした流れの速さ、深さなどを解明する手掛か

りとなる。津波の大きさがわかれば、それを元に沖合でどういう断層がどのくらい動いたのかも絞り込んでいくことができる。つまり、津波堆積物は、過去の地震の震源やマグニチュードの推定にも重要な情報となる。また、浸水時の流れの速さや深さは建物や人への被害の程度を予測することにもつなげられるのである。

地質調査を防災・減災で使ってもらうために

「過去の事実は、将来の地震について検討し、人々の命と財産を守るためにどう備えるべきかを判断する一つの材料となります。そのため、明らかになった事実はできるだけ迅速に発表することを心がけています」と藤原は言う。

これに加えて、もう一つ藤原が意識し、実行していることがある。論文を書いて終わりにするのではなく、地質学以外の専門家や防災対策を行う行政担当者、またその土地に住む一般の人々に“使える情報”を伝えるということだ。津波を再現したり被害の大きさをシミュレートしたりする工学分野の専門家とデータを共有することで、具体的なシミュレーション結果が得られれば、行政に判断材料を提供できる。つまり、研究成果を、より防災・減災に実際につなげることができるのだ。また、自分が行った講演が前述した発見につながったことから、一般の方々にも研究の意味を理解してもらおう機会を積極的に作っていきたいと考えている。

「そう遠くない将来、巨大地震が起こることは間違いありません。研究の成果を自分のこととして感じてもらい、地震や津波に対する備えに活かしてもらいたいと思っています」

人々が安全に、楽しく暮らしていけるよう、社会にある不安や不確実性を少しでも減らす。「それが自然科学者としての自分がやるべきこと」。藤原は最後にそう決意を語った。

津波堆積物について知りたい、また防災・減災に活かしたい方はぜひご連絡ください。

産総研
地質調査総合センター
活断層・火山研究部門

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 つくば中央第7
ievg-webmaster-ml@aist.go.jp
<https://unit.aist.go.jp/ievg/>

『チバニアン』

地質情報研究部門

板木 拓也

Itaki Takuya

房 総半島中央部の養老川沿いに、何の変哲もない崖(千葉セクション)がある。地質学者たちは科学の力を駆使して、この一見地味な地層からさまざまな太古の記録を読み取った。それにより2020年1月17日、新しい地質年代の名称「チバニアン」(千葉時代の意)が認定され、46億年の地球の歴史に、初めて日本の名前が刻まれた。

地質年代は、地層に記録された生物の出現・絶滅や気候変動などをもとに116の境界で区分されている。そのうち第四紀更新世の中期、約77万4000年前から12万9000年前までの時代がチバニアン期だ。

地質時代の境界が世界で最もよく現れている地層は、GSSP(国際境界模式層断面とポイント)に登録される。GSSPになるにはいくつかの条件があり、「連続的に海底で積もった地層であること」「多くの種類の化石が産出すること」などに加え、今回は「地磁気逆転など複数の手法で比較できること」が決め手となった。千葉セクションの大部分は深海で堆積した泥岩であり、地磁気の記録が残りやすい。そのため約77万年前に起こった、最後の地磁気逆転の痕跡(松山-ブルン地磁気逆転境界)がはっきりと記録されている。しかもそのすぐ下に、まるで白い境界線を引いたように白尾火山灰層が存在する。

これだけの条件がそろっていても、チバニアンがすんなり誕生したわけではない。GSSPは欧州の実績が拔きんでおり、イタリアの2カ所が候補地に名乗りをあげていた。イタリアの地層からは地磁気逆転の物証が得られず、代わりに放射性元素ベリリウム10の量から推定しようとした。一方、日本は地層から試料を採取して高解像度の古地磁気記録を得たうえで、ベリリウム10の測定を行い、世界最高水準の地磁気逆転のデータをそろえた。GSSPの審査は、フタを開ければ日本の圧勝だった。



チバニアン特別展示に臨む板木

日本のGSSP提案チームは23機関35名の研究者・技術者からなり、産総研の地質調査総合センターが重要な役割を果たした。その1人である地質情報研究部門の板木拓也は、微化石からのアプローチにより地層に記録された世界的な気候変動の調査を担当。黒潮と親潮の間を漂う海洋生物は、気候変動に敏感に反応するため、深海に堆積した海洋プランクトンの放散虫化石を分析したのだ。

GSSP決定後も地質学者たちの研究は続いている。地質学的に新しい時代の地層が陸上に露出している千葉セクションは、世界でも稀有な存在であり、研究者にとって宝の山だ。しかしその宝は、目には見えない。そこに地質学の面白さがあり、ロマンがある。チバニアンを通して多くの人に地質学を正しく知ってもらえるよう、今後も新しい発見を世界に向けて発信していく。

地下水・地殻ひずみで地震を予測する

変化を見逃さない24時間体制の観測網

地質調査総合センター
活断層・火山研究部門
地震地下水研究グループ
研究グループ長

松本 則夫

Matsumoto Norio

KEY POINT

地下水の水位や地殻のひずみの変化は、**巨大地震の予兆**の一つだと考えられている。産総研は南海トラフ地震の**震源**になると**想定されている地域**に**多数の観測拠点**を設け、**24時間365日、地下水や地殻変動を観測し続ける**ことで、**地震の予兆となるデータの把握**に努めている。

井戸と地震観測

「地震が起こる直前には前触れがあるか」——地震雲が見られる、動物が異常な行動をする、井戸水が濁るなどさまざまな言い伝えが残っている。多くの地震被害に見舞われてきた日本人にとって、地震が起きたときの被害をなるべく少なくするためにも、地震発生の予兆を捉えることは昔から大きな関心事だった。

そして今は、科学の力を駆使して、その予兆を把握しようとする取り組みが進められている。例えば地殻変動を高い精度で観察することによって、その変化分をデータとして収集し、地震発生の前兆とどう関係しているのかを探る方法もその一つだ。

こうした観察に必要な調査施設として「地下水・ひずみ観測井(ちかすい・ひずみかんそくせい)」と呼ばれる井戸が注目されている。井戸といっても、水や石油を汲み出すものではない。地下水位や地殻ひずみを観測する計器を設置するための専用の井戸であり、通常は100~200 m程度の深さまで掘られる。

産総研では、東海地震の予知に関する研究を進めるといふ国の方針に応じて、1970年代後半から静岡県とその周辺、紀伊半島、そして四国地方へと、地下水を観測するために「地下水・ひずみ観測井」を順次設置してきた。

今では南海トラフ地震の震源域付近に対象を広げ、600 m、200 m、30 mという深さの異なる3種類の井戸をもつ観測地点を、新たに16カ所追加設置した。3種類の井戸では、それぞれの深さを通っている地下水脈(帯水層)の水位や水温の変化をチェック。最も深い600 mの井戸の底には超高精度のひずみ計を設置し、地殻のわずかな変動を24時間、休みなく観測している(ひずみ計については18ページを参照)。

この観測網を使い、南海トラフ地震の予測に役立つ地下水・地殻ひずみの変化を高精度なデータとして捉えることを目指している。

地下水位と地殻ひずみの変動データからわかること

そもそも地下水位や地殻ひずみのわずかな変動を観察す

ることで何がわかるのか。1854年に起きた安政東海地震・安政南海地震の前にも井戸水が濁れたという記録が古文書に残っている。1946年の南海トラフ地震の数日前には12カ所の井戸で地下水位の低下や温泉湯量に変化したことが報告されている。つまり、地下水については「言い伝え」だけではなく「実測値」としての変化が地震の起きる前に観察されている記録が残っているのだ。

「過去に報告された例はありましたが、当時、地下水を用いた地震予測はマイナーな研究分野で、地震予測の専門家の間では信頼度が低いという印象ももたれていました。しかし、数十年間にわたる観測・研究の蓄積によって、地下水位と地殻変動との関係性が徐々に明らかになり、現在は地下水の情報も地震予測につながるデータとして正式に採用されています」

そう話すのは、地震地下水研究グループの松本則夫だ。

なぜ、地震の起きる前に水位が変化するのだろうか。一つの仮説として、地震の前にプレート境界付近で人間には感じられないほど地殻がゆっくりすべる「ゆっくりすべり」と呼ばれる現象が原因と考えられている。

これは、プレート境界の巨大地震を発生させる部分よりさらに深い場所で、プレートが沈み込む方向と逆方向にゆっくりすべる現象と考えられている。この深部におけるすべり現象により、観測井付近の岩盤が計測できるギリギリのレベルで伸びたり縮んだりすることがわかっている。この伸び縮み、すなわち地殻変動が周辺の地盤と地下水に影響を与えていると考えられている。

産総研は、地殻変動とその周辺の変化を高精度で捉え、統合解析をすることで、地下水位の変化でも深部すべりが検出できることを世界で初めて示した。これにより、現在、深部すべりを解析する際には、地殻変動そのものを感知するひ

ずみ計や傾斜計だけでなく、地下水位の変化も重要な指標の一つと考えられている。

リアルタイムで地震の予兆を察知

各地の観測井で取得されたデータは自動で産総研に送信され、解析結果とともに防災科学技術研究所や気象庁にリアルタイムで共有される。南海トラフ地震については、観測データの現状を把握するために原則毎月1回定例の会合が開催されている。観測データに異常が現れた場合は、地震との関連性を緊急に評価するための会合が臨時開催され、関連性があると判定されたときは気象庁が「南海トラフ地震臨時情報」を発信する仕組みだ。

地下水位や地殻ひずみの変動を24時間ずっと監視し続け、異常が見つかったらリアルタイムに対応する。そうした緊張した状況におかれている松本は「巨大地震の予兆が見いだされたときに、すぐに私たちの観測データを役立てられるように、という使命感で取り組んでいます」と語る。

地下水位や地殻ひずみの観測は、これからデータを観測し続けていく「新しいデータの積み重ね」である。ほかの産総研研究者が行っている地質の過去をひもとく研究とはまったく異なるアプローチだ。どちらも地道な調査・観察を積み重ねる研究だが、研究者の思いは一つ、大地震の予兆を見出すことにつながる成果を上げることにある。

「地震予知は実現が強く望まれている分野ですが、現状では完成しておらず、難しい研究です。私たちが日々行っている研究によってどんなことがどこまでわかっているか、ということをきちんと説明していくことも重要だと思っています。多くの人に、地震予知研究の意義と成果を理解していただければありがたいですね」

地震に関連する地下水観測の情報を発信しています。ぜひご覧ください！

産総研
地質調査総合センター
活断層・火山研究部門

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 つくば中央第7
wellweb-ml@aist.go.jp
<https://gbank.gsj.jp/wellweb/GSJ/index.shtml>

『ひずみ計』

活断層・火山研究部門

板場 智史

Itaba Satoshi

日本は世界有数の地震国だ。地震はいったいなぜ、そしていつ起こるのか。人々の大きな期待を背負い、多くの科学者が地震のメカニズム解明と予測に挑んでいる。その中で2000年代初頭、通常地震よりもはるかに遅い速度でプレートがずれ動く「ゆっくりすべり」が発見された(ゆっくりすべりについては17ページを参照)。この現象が、巨大地震と関連があるのではないかと考えられている。

この「ゆっくりすべり」による地盤のわずかな伸び縮みを捉えるため、活断層・火山研究部門の板場智史は、日本から米国までの距離(1万 km)がわずか1 cm変わった程度でも捉えることのできる超精密なひずみ計を使い、研究を行っている。

「ひずみ計」の内部の筒は岩盤の伸び縮みに応じてわずかに歪み、直径が変化する。テコの原理を利用して変化量を約30倍に拡大し、地殻のわずかな動きを検出するという仕組みだ。これを、深さ約600 mに掘った井戸(ボアホール)の底に設置する。

ここで重要となるのは、いかに正確に観測するか。高精度なモニタリングを実現したうえで、データ解析をする必要がある。そのため、超精密ひずみ計を岩盤のひび割れや地下水流動の影響を受けないよう埋設する技術や、より正確に位置を管理する手法、ノイズを分離する手法などを開発。その結果、地下深部のナノメートル以下の変位を安定して検出できるようになった。

産総研は、広範囲でゆっくりすべりを高精度かつ迅速に検知するため、東海・紀伊半島・四国地方の18地点でひずみを観測している。これまでも国の機関に解析結果やリアルタイムデータの提供を行ってきたが、2020年6月

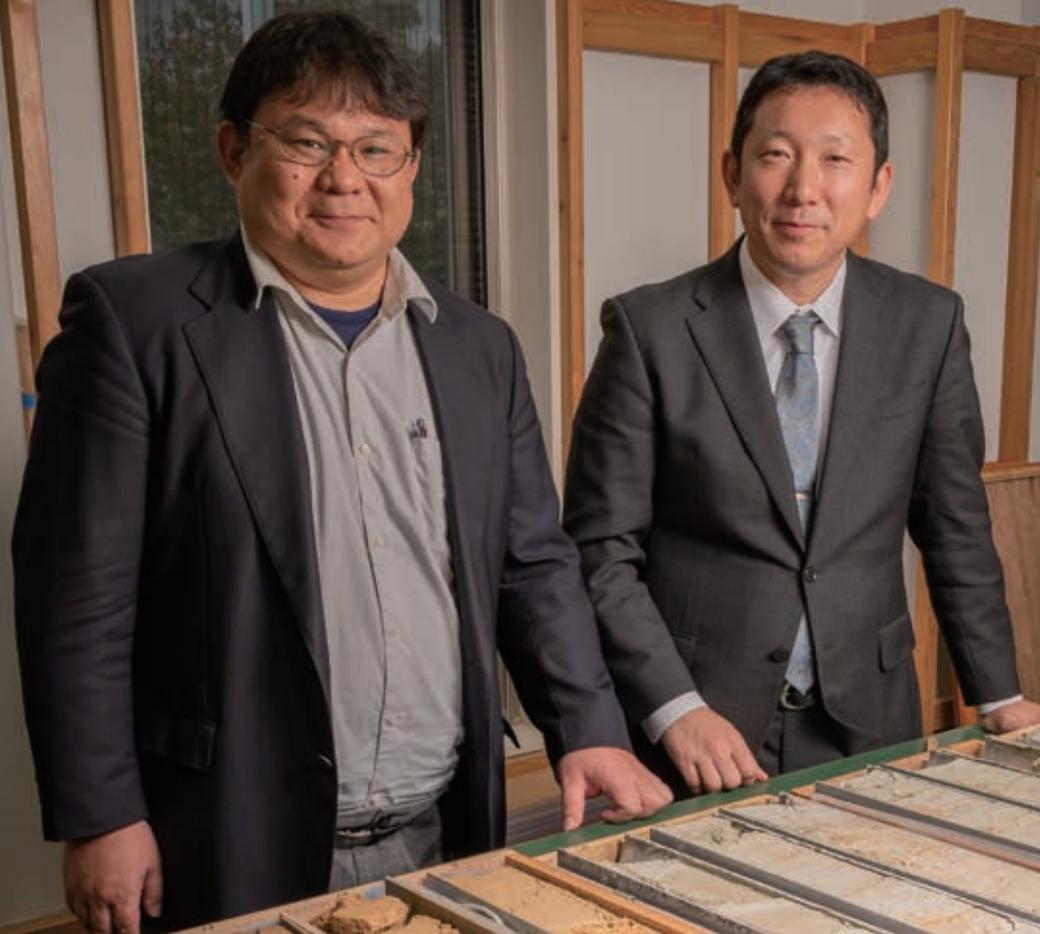
25日から気象庁の常時監視網に正式に加わったことで、検出したゆっくりすべりに関する情報をすばやく発表することが可能な体制となった。さらに正確な発生様式を把握するため、今後も観測地点を増やしていく予定だ。現在、埋設コストを抑えながら観測地点を増やすために、使用されていない温泉井戸などの再利用や、そのような細い穴にも対応できる小型のひずみ計(直径66 mm、長さ約3 m)の開発を進めており、未使用だった温泉井戸を用いてゆっくりすべりの検出に成功している。

板場が地質の研究者を志したのは、阪神淡路大震災の当時、横倒しになった高速道路のすぐ近くに住んでいたという経験が強く影響している。地球の怖さを実感した一人としても、地震研究の最前線にいる研究者としても、地殻変動の観測データを蓄積して地震予測につなげ、防災に役立てていきたいと、強く思っている。



ひずみ計を搭載したこの筒が地中深くに埋められている

必要とされる地下の地質情報を よりわかりやすく伝える！



KEY POINT

東日本大震災の際、東京湾岸部で生じた**地盤の液状化現象**が大きな問題となった。都心に近く、多くの人が住む「安心だ」と思っていた土地が突然沈下してしまう、そのことに衝撃を受けた人も多いはずだ。私たちの足元に広がる**大地の内部**はどうなっているのか。その**地下情報**は、私たちにどのように関係してくるのか。産総研は、これらの情報を“**見てわかる**”形で表現し、**伝える努力**を続けている。

地層の立体的な重なりがわかる 3次元地質地盤図

地質調査総合センター
地質情報研究部門 情報地質研究グループ
研究グループ長

中澤 努

Nakazawa Tsutomu



立体的な地層の重なりが一目でわかる

2011年の東日本大震災により東京湾沿岸部で地盤の液状化現象が起きた。特に千葉県の被害は大きく、人気の高い住宅地も多く含まれていたため、数多く報道された。同じ首都圏でも、場所により地震による被害の程度が異なっていたことから、被害に大きく影響する地下の地質構造の情報を整備することが喫緊の課題となった。

「産総研は、早速、都市平野部の地質情報の整備に取り組むことにしました。これまでの地質図は、地表の地質分布を示したのですが、地下深くの構造までは表示していません。特に都市部など地形の平たんなところは、従来の紙の地質図では地下を表現することが難しいのです。防災・減災の計画などに活用してもらうためにはわかる情報・伝わる情報であることが重要です。そこで私たちは地下の情報をわかりやすく表現することを第一に考え、紙ではなくウェブ上での公開を前提とした3次元の地質地盤図を作成してはどうかと検討を始めました」

情報地質研究グループの中澤努は、そう当時を振り返る。

ウェブ上で表現することのメリットは大きく二つある。ひとつは、平面上ではわかりにくい3次元情報を表示できること。もうひとつは、数値データを提供しやすいことだ。こうして、3次元地質地盤図の作成が始まった。

“点”をつなげて“面”を作成し 液状化発生地域の地下構造を解明

3次元地質地盤図の作成をどう進めるか。モデル地域を設定して実際に作成し、そこで得られた知見をもとにほかの地域にも展開していく手法をとった。はじめに取り組んだのは千葉県北部地域である。この場所は、関東平野を形成する地層が典型的に分布しており、従来から調査研究も十分に行われてきた。また、

先に述べたとおり液状化の被害を受けたことから、自治体も地下の地質構造の調査を強く望んでいた。

3次元地質地盤図の作成には、地質の立体構造把握が重要となる。そのために、大地を棒状にくりぬくボーリング調査から必要なデータを収集する。21ページの図「船橋から習志野付近の詳細3次元地質モデル」中の黄色の縦棒がボーリングデータのある地点だ。

「ボーリングデータには、土の種類やその層の厚さ、地面からの深さ、土の種類が変わる深さなどの情報が記されています。それらは調査を行った場所、つまり“点”の情報にすぎません。3次元の立体図として表現するには、それぞれの点をつなげて地層という“面”の情報に変換する必要があります」

各ボーリングデータを解析し、産総研がこれまで調べた基準点となる20地点のデータを参照しながら、点と点の間の見えない部分を慎重につなげていく。千葉県が持つ土木・建築工事のボーリングデータも利用して、解析したデータ数は1万数千本にも及んだ。

地質構造を再現するにあたって、中澤をはじめとする研究者4人がすべて手作業で行った。地質データの解析分野では、過去に基準点のボーリング調査を行った担当者しかわからない情報もあるなど高度で専門的な知識と経験を必要とする。どの点とどの点を結ぶかの判断ははまだコンピューターには任せられない。

気の遠くなるような手作業を経て、3次元地質モデルが完成した。そこから何ができてきたのだろうか。

「『船橋から習志野付近の詳細3次元地質モデル』を見てもらえればわかりますが、ちょうどくぼみができているところを②という軟弱な地層が埋めています。埋立層である①がその上を覆っています。②は地震動を大きく増幅させるおそれがある泥層で、その上に水分を多く含んだ①が重なっているため、この地域は液状化が起こりやすいことがわかります」(21ページ図参照)

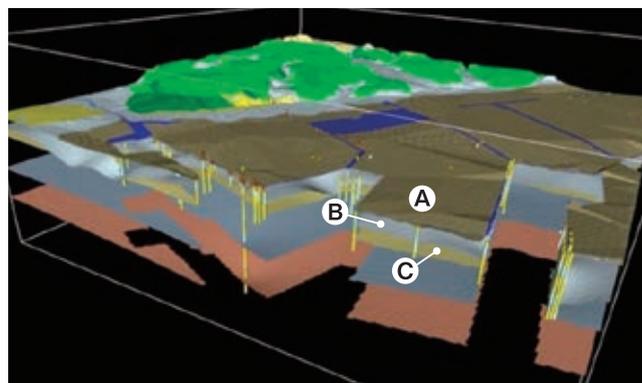
3次元地質地盤図のデータはハザードマップ作成などの防災対策に活用されている。

現在、中澤は東京都とともに東京23区の3次元地質地盤図の

作成を進めている。5万本ものボーリングデータを用いて3次元モデル化したところ、地盤が良いと考えられていた地域の地下に軟らかい地層で埋められた谷状の地形が見つかるなど、新たな発見があるという。この成果は近々公開され、防災やインフラ整備などに役立てられることになっている。今後は全国の主要都市を中心に地質構造の3次元モデル化を進める予定だ。

「地質情報は、実はいろいろなことで生活に関わっています。地盤の液状化現象によって家が傾いてしまったという例のほかにも、地震で揺れやすい場所があったり家を建てる時の基礎の深さが場所によって異なったりするのもその地域の地質に原因があったりします。地質情報の重要性を多くの方に認識してもらい、今住んでいる地下に関心に向けていただきたいと思います」と中澤は言葉を結んだ。

■ 船橋から習志野付近の詳細3次元地質モデル



- ① 埋立層: 沖合からさらってきた砂泥を用いて埋め立てた地層であり、水を多く含んでいる。
- ② 沖積層: 内湾で堆積した軟らかい泥層を主体とする地層で地震動を大きくする増幅させるおそれがある。
- ③ 下総層群: 約10万年前より前の地層で、しっかりした地盤をつくる地層。

地下水を可視化する「水文環境図」とは？

地質調査総合センター
地図資源環境研究部門 地下水研究グループ
研究グループ長

町田 功

Machida Isao



水文環境図ってなんだろう

現在の日本では、上水道に利用される水の7割が地表水で、生活用水としての地下水の利用は限定的だ。そのため井戸水や湧水などの地下水について意識することは少ないかもしれない。しかし地下水は、工業用水や農業用水などにも広く使われている今でも大切な水資源である。災害が頻発している近年、災害発生時の水源確保は重要であり、断水時に地下水を使えるように手押しポンプ付きの井戸を備える自治体も増えている。

地下水を持続的に利用するためには、地下水がどこにどのように流れているのか、その水は将来にわたって安全なものなのかといった情報が、重要なものとなる。

では、地下水の情報はどうしたら手に入るのだろうか。地下水研究グループの町田功に聞くと、

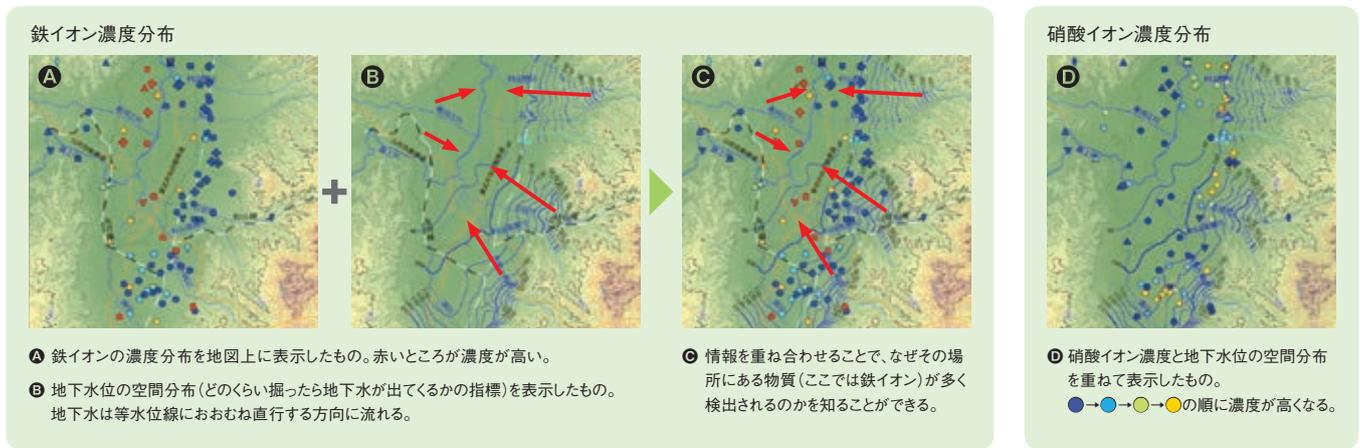
「地下水にも地図があります。貴重な水資源である地下水を適切に管理して利活用していくために、地下水の地図は世界各地でつくられています。産総研では水文環境図という地図を作

成し、ウェブ上で公開しています。水文環境図は誰でもアクセスでき、地下水に関する最新情報を得ることができます」と答える。

水文環境図には、地下水の分布する深さや流れる方向、それに現場測定や化学分析によって得られた水温、pH、鉄やカルシウムなどの含有成分といった水質に関わる情報など、さまざまなことが記載されている。

「例えば山形盆地の水文環境図を見てみましょう(22ページ図①～③参照)。この地域で井戸を掘ると、金気水(かなげみず)とよばれる鉄を多く含む『おいしくない水』が時々現れます。これは、鉄イオンが原因であり、その分布から『おいしくない水』の場所がわかるのです。なぜこの場所に鉄イオンが多く見られるかということも、地下水位の空間分布を重ねて地下水の流れを見ることでわかります。ご覧のように地下水は最上川に集まっているのですが、金気水の見られる区域は流れの下流側で、かつ地下水の流れが遅くなる場所です。地下水の流れが遅くなると、地下に届く酸素が減り、周辺の地層に含まれる鉄イオンが地下水に溶け出してきてしまうのです」

■ 山形盆地の水文環境図



地域を俯瞰(ふかん)した
水利用が可能に

水文環境図では、この地域で、ある用途に適した水質の地下水がどこを流れているのか、ということを見つかることができる。防災、資源開発、環境汚染への対応などを検討する際、地下水に関連する情報が必要となるケースが多い。そのとき、水文環境図から入手できる情報は、地域全体を俯瞰(ふかん)するのに役立つ。

水文環境図の具体的な利用例として、環境汚染物質による地下水汚染の状態の把握がある。先ほどの山形盆地の水文環境図をもう一度見てみよう(図D)。今度は地図上に、地下水の硝酸イオン濃度の分布と地下水位の空間分布図を表示している。硝酸イオンは岩石中にはほとんど含まれていないため、農地で使用される窒素肥料の影響を見ることができる。

町田は次のように解説する。

「東根市の乱川流域には農地が広がります。農地で用いられる肥料の一部が浸透して地下水に入り、それによって乱川下流域の地下水の硝酸イオン濃度が高くなっている可能性があります。なお、環境基準(環境基本法第16条に基づく地下

水の水質汚濁に係る環境基準)に照らすと、硝酸イオン濃度が44 mg/Lを超えると基準値超過になります(NO₃-Nの形で10 mg/L)。従来公開されていたのは、『基準値を超えた地点がどの程度あるのか』という情報です。水文環境図は濃度を表示することができますので、『どこで濃度が高いのか』ということがわかるのです」

これでわかるように、水文環境図を読み取るには専門的な知識が必要だ。このような専門的な情報が「説明書」という形で図ごとにまとめられ、コンサルタントや大学関係者などの専門家に活用されている。

今後は、地域ごとの地下水利用を見据えつつ、最新情報を加えながら水文環境図を整備し、将来に向けた地下水位の低下や湧水の枯渇、水源涵養機能の持続性など水循環の課題解決につなげていきたいと考えている。

「地下水資源量の指標となる地下水位は極めてゆっくりと変化しているので、同じ地点の調査を継続的に行い、変化を正確に把握する必要があります。今後、飲み水としての利用が増えていくことを考えると、水質を継続的にチェックし、情報を整備して、水環境の保護を行っていくことは非常に重要なことだと思います」と町田は締めくくった。

地下の3次元情報や地下水について興味があればぜひ一度見てみてください。

3次元地質地盤図

<https://gbank.gsj.jp/urbangeol/>

水文環境図

<https://gbank.gsj.jp/WaterEnvironmentMap/main.html>

『いろいろな地図』

地質情報研究部門

宮川 歩夢

Miyakawa Ayumu

産 総研には、不思議な地図がたくさんある。現在出版されている「地質図カタログ」のWebページを見ると、名前だけではどのようなものか想像つかない地図が一覧に並んでいる。例えば「特殊地質図」。これは何が特殊なのだろうか。「水文環境図」(22ページ参照)や「ブーゲー異常図」には何が書かれているのだろうか。

地質情報研究部門の宮川歩夢が手がけるのは「地球物理図」だ。地球の重力や磁気などによる物理現象を用いて、地表から直接調べるのが難しい地下の構造を間接的に調べ、先ほど紹介した「ブーゲー異常図(重力図)」や「空中磁気図」を作成している。地震を引き起こす活断層、火山を噴火させるマグマ、エネルギーとしての石油・天然ガス、金やレアメタルなどの鉱物資源。それらがどこに、どのような状態で分布しているかがわかれば、私たちの生活に大いに役立つばかりか、地球の成り立ちを知る手がかりにもなる。

物理現象を捉えるための計測は、時に過酷だ。海中や海底の測定であれば船が投入ポイントに連れて行ってくれる。空中であればヘリコプターやドローンに機器を搭載することができる。しかし、陸地のうち、山だけは研究者自身が機器を背負って登らなければならない。重力計は繊細なため、計器を理解している人が衝撃を与えないよう取り扱う必要があるからだ。こうして重力・磁力の分布を調べることによって、何がわかるのだろうか。例えば、重力計。ある場所で計測した重力と、地球の理論的な重力の差を重力異常(ブーゲー異常)と呼び、地下にある岩体が重いほど重力は大きく、軽ければ小さくなる。この重力異常が同じように出ている箇所をむすんだ地図は「重力異常図」と呼ばれ、岩体の分布や、岩盤に凸凹があるかなどを読み取ることができる。また磁力計の場合は、地下の岩盤の性質によって磁場が乱れることを利用し、その値と磁場の標準値の差を「磁気異常図」としてまとめている。この磁気異常図からは地下の構造や火山に起因する地下の状態などを読み取ることができる。

最近、伊勢湾・三河湾沿岸地域の調査を実施。ここは1945年に三河地震(M6.8)が発生し、今後も内陸地震への備えが必要な地域だ。そのため広域的な物理探査に加え、断層などの重要な場所はより精緻な調査を行い、詳しい地質構造を可視化、1945年の三河地震に関連する断層の存在を明らかにした。

今後も産総研の使命として、日本の重要な知的基盤となるさまざまな地図を作成し、安心・安全で豊かな社会づくりに役立てるため発信していく。



北アルプスでの重力調査



LINKの先にあるのは「技術を社会へ」
そんな思いをのせたコミュニケーション・マガジン
「産総研LINK」をお届けします

Search

産総研LINK



産
総
研

LINK

技術を社会へつなげるコミュニケーション・マガジン

産総研LINK No.34 2021年3月発行

編集・発行 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
問い合わせ 広報部 広報サービス室 出版グループ
〒305-8560 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第1
TEL : 029-862-6217
E-mail : prpub-ml@aist.go.jp



- 禁無断転載 ©2021 All rights reserved by the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
- 所外からの寄稿や発言内容は、必ずしも当所の見解を表明しているものではありません。
- 「産総研LINK」へのご意見・ご感想がございましたら、上記E-mailまでお寄せください。今後の編集の参考にさせていただきます。



産総研チャンネル



バックナンバー