

科学の
峰々

81

取材日：2014年9月29日
日本科学機器協会会議室

東京工業大学大学院情報理工学研究科計算工学専攻 教授

亀井 宏行 先生 に聞く

遺跡探査の技術開発と
考古情報学 下

聞き手：南	明則	日本科学機器協会	広報副委員長
佐藤	文俊	同	広報委員
山口	美奈子	同	広報委員
鈴木	裕之	同	広報委員
藏満	邦弘	同	専務理事
岡田	康弘	同	事務局長

(取材・撮影・編集協力：クリエイティブ・レイ(株) 安井久雄)



亀井 宏行先生のプロフィール

1976年 東京工業大学工学部電子工学科卒業
 1981年 東京工業大学大学院総合理工学研究科電子システム専攻博士課程修了
 1981年 東京工業大学精密工学研究所 助手
 1985年 東京工業大学工学部電気電子工学科 助手
 1989年 千葉大学工学部情報工学科 助教授
 1994年 東京工業大学大学院情報理工学研究科計算工学専攻 助教授
 2002年 東京工業大学大学院情報理工学研究科計算工学専攻 教授
 2005年 東京工業大学百年記念館(現博物館)副館長
 2013年 東京工業大学博物館 教授
 現在 東京工業大学博物館 教授・副館長
 東京工業大学大学院情報理工学研究科計算工学専攻(兼任)
 東京工業大学大学院社会理工学研究科人間行動システム専攻(兼任)

〈研究テーマ〉

遺跡探査

地下に埋没する考古遺跡を発掘せずに調査する手法の研究。地中レーダ、電気探査(直流電流法・電磁誘導法)、磁気探査から、航空機レーザ測量、衛星画像の利用など。文化財の非破壊検査も含む。

考古情報学

遺跡の発掘報告書や遺跡のデータベース化、GISを用いた解析、RFIDを用いた遺物管理、遺跡や遺物の3Dデジタルアーカイブ、インターネットを利用した文化財保護や管理システムの開発等。



火山噴火の文献が残る遺跡での調査

— ここまで兵庫県や群馬県での遺跡探査のお話をいただきましたが、その他の場所での探査のお話をお聞かせいただけますか。

亀井 2011年の東日本大震災のときのような大地震が起きるときは、火山活動も活発化するのですが、869年に起きた貞観大地震の前後にも、富士山の大噴火をはじめ、阿蘇山、鶴見岳、鳥海山、開聞岳など、日本各地で火山が噴火しています。

私たちは、その中の1つである開聞岳の噴火によって埋まった遺跡の探査を行いました。このときの開聞岳の噴火は、「日本三代実録」という文献から貞観16年3月4日、西暦にすると874年3月25日だということが分かっています。

これは日本における火山の噴火の中で、記録として日付がはっきり残っている最も古いものです。

火山噴火で埋もれた遺跡として

有名なイタリアのポンペイ遺跡は、西暦79年8月24日のヴェスヴィオ山の噴火で埋まりました。噴火の日付が記録されていると、遺跡の埋没した日付もわかるということで、考古学上貴重な遺跡となるのです。

探査を行った場所は鹿児島県指宿市で、市内には日本最南端の駅である西大山駅があります。

低層住宅を整理して、高層住宅を建てようとした場所から遺跡（敷領遺跡）が見つかったことで、2005年に高層住宅の南側に広がる市有地50m 四方の広い範囲を探査することになりました。

表面を覆っている土を掘っていくと、深さ1mくらいのところから、874年の開聞岳の噴火で積もったと思われる紫色の火山灰が出てきます。

探査の結果、深さ1mくらいのところに網の目状の構造が広がっているのが見つかり、それが水田の畦畔と推定されました。1面の田を狙って発掘すると、探査の結果通りの水田が出てきました。

この水田の跡は保存状態がとてもよく、稲を刈り取った株の跡も検出できました。株跡の数が集計

できると、その水田の収穫量が計算でき、収穫量が分かれば、そこで生活していた人の数など、いろいろなことが推定できます。

現在の水田の収穫量を参考にした私の試算では、水田の面積が56㎡、株の数が500、もみ殻15kgとなり、その水田の一反（300坪）あたりの収穫量は江戸時代よりも、やや少ないくらいだろうと推測することができました。

— 水田の跡以外には、どのような発見があったのでしょうか。

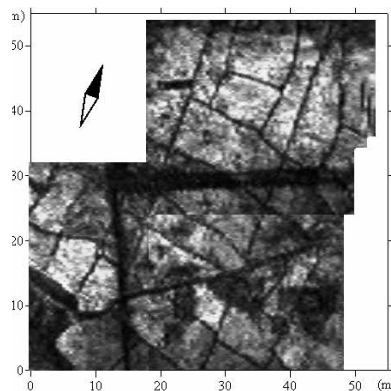
亀井 レーダ探査で見つかった水田の畦の中には南北に走る2本の平行な直線状の畦がありました。そのうち北に延びる一本は、高層住宅建設の際、発掘された畦にぴったりとつながりました。2本の平行な直線で、間隔は18～19mほど。それが真っ直ぐ100mほど続いていました。

古代においてこのような構造は、「条里制」が考えられます。「大化の改新」の翌年646年、班田収授法を施行せよと、勅令が出ました。班田収授法とは、土地を109m四方の区画に区切り、これを「1坪」とし、その10分の1を「1段」として、男子に2段、女子には男子の3分の2の「口分田」を与えるというものです。この土地の区割り制度を条里制といいます。

1坪を細長く10等分すると3で割り切れないので、一方を5等分、もう一方を6等分するという分割も考えられます。そこから考えていく



指宿での発掘作業の様子
竹串が刺さっている箇所が稲を刈り取った株の跡



水田跡と思われる網目状の反射物をとらえた
レーダ探査の画面

と、109mの6分の1は18.5mとなり、2本の平行線の幅となります。つまり、この九州の南の端で、875年には条里制による区割りがなされていた可能性が示されたわけです。班田収授法の本格的な実施は、701年の大宝律令以降とされていて、「類聚国史」という文献には、大隅や薩摩では、800年に自分たちで開墾した土地を国に収め、国からその開墾した土地を口分田としてもらったという記述が出てきます。

要するに、私たちの調査によって、「類聚国史」に記述されていることが、その約75年後に実際に実施されていたという証拠が出てきたわけです。この発見は、指宿市教育委員会の担当者によるものですが、理系と文系の研究者の協力の産物です。

レーダ探査によって 鍛冶炉の跡が見つかる

——班田収授法が実施されていたということは、そこに、かなり大きな集落があったということでしょうか。

亀井 条里制が敷かれたということは、大きな集落があったはずで、水田が見つかった場所は東側が海、西側が山になっており、水田は低い方に作られるので、2006年から2009年にかけて順次そこよりも山側で住居跡を探しました。付近は住宅地であり、探査できる場所は限られていました。

しかも、面積が狭いため何があるのか判別しにくいという難点がありました。

2008年についに4m×6mの方形の反射像をとらえ、住居跡を発見しました。そして、その住居の南側には東西に延びる道路も発見しました。この道路の東の延長線上には2005年に発見した水田があります。南北に走る水田の大畦とこの東西に走る道路の関係が知りたくなりました。そんなとき、たまたま道路の延長線上に売り地になっていた土地があり、2009年には探査をすることができました。レーダ探査をすると、3m四方の住居跡のようなものが見つかり、掘ってみると、そこには鍛冶炉があったのです。住居跡、田や畑、工房（鍛冶炉）がある、きちんとした集落であったことが分かりました。

鍛冶屋の母屋はどこにあるだろうかと探査結果を再検証してみると、火山灰が周囲に比べて薄いところと妙に盛り上がったところがあることを発見しました。降ってきた火山灰が家に積もり、その重みで家が風下側に倒れ、火山灰の薄いところと盛り上がったところがあったのではないかと考えました。

そこを実際に掘りたいと思っていたのですが、次の年に行ってみると、残念ながらその土地はすでに売れてしまっていて、発掘を行うことはできませんでした。

——探査の結果を注意深く見ていくと、いろいろなことが分かるものですね。

亀井 そうですね。データを見てみると、調べてみたいことが次々と出てきます。

例えば、発掘を担当しているお茶の水女子大学の先生が、紫色の火山灰の中に茶色い層があるのを発見しました。これは何なのか？まず考えたのは、畑の作物が火山灰に埋まったあと、その作物が腐り、そこにバクテリアが集まったのではないかと、ということでした。

バクテリアは鉄分を集めるので、その鉄分が赤茶色になった。それを掘り出して分析すれば、当時、どんな作物を作っていたのかも分かるかもしれない。そう考え始めるといういろいろなことがやりたくなります。

そこで首都大学東京の土壌学の先生にお願いして、堆積している土の炭素、窒素、鉄、アルミニウム、ケイ素を分析しました。上に積もっている層は芋畑なので、有機物が多く、炭素や窒素は多量にありました。その下にある紫色の火山灰の層には有機物はなく、炭素や窒素が少なかったのに対し、874年に火山灰によって埋もれた畑は有機物を多く含んでいて、バクテリアも多く、鉄分の集積が起こっていました。

では、問題の茶色い層はどうか？とりわけ炭素や窒素が多いわけではなく、鉄、アルミニウム、ケイ素で分析しても、火山灰と火山灰層の下の畑の土の中間値を示しました。結論としては、茶色の層は作物ではなく、ひび割れなどで水か何かが入ってきたものだったということになりました。

文化財保存のための 田の神プロジェクト

— お話いただいた指宿での遺跡探査のほかに、鹿児島では「田の神(たのかん)プロジェクト」というものを進めておられますが、こちらについてもご説明いただけますか。

亀井 「田の神(たのかん)」とは18世紀初頭に薩摩藩で始まった民間信仰と言われており、稲作の豊穰を見守る神様として田の神という石像が作られました。民間信仰と言われていますが、私はそれに疑問を持っています。

石像は現在、記録にあるもので2000体ぐらいが残されていますが、石像は野外に広域に渡って分布しているため、これまできちんとした管理はされていませんでした。「田の神プロジェクト」ではそうした石像の情報を収集し、皆で保存していくというプロジェクトです。

石像は農民や神官の姿をしていて、手にしゃもじとお碗を持ち、背中には種籾を背負い、頭には米を蒸すときに使うこしきのシキ(藁製の編み物、籠状の物)をかぶっています。石像は柔らかい凝灰岩を掘って作られているのですが、凝灰岩は掘りやすい分、壊れやすいという弱点があります。

こうした石像の管理を難しくしているのが、置かれている場所がたびたび変わってしまう点です。なぜかという、自分の田んぼが

不作だと、豊作だった田んぼの石像を持っていき、自分の田んぼが豊作になると、その石像に化粧を施して返したり、また、子宝を願って新婚の夫婦が自分のところへ持っていくという風習があったためです。さらに最近では、ネット上で石像を公開すると、その石像が持っていかれてしまうこともあり、これにはちょっと困っています。

— 先ほど、民間信仰ではないと言われましたが、どのような理由からそう思われるのでしょうか。

亀井 田の神信仰が始まったとされる18世紀のはじめ、1705年には前田利衛門が薩摩にサツマイモを持ち込み普及に努め、米の不作を補ったとされています。おそらく飢饉対策としてのサツマイモ栽培と田の神信仰には、薩摩藩の意向が大きかったものと考えられます。詳しく調査をすると、いろいろとわかってくるのではないのでしょうか。

— 田の神には男女の性別はあるのでしょうか。

亀井 田の神はすべて男性です。なぜそう言えるのかというと、地域によって違いはあるのですが、特に大隅半島の像などは見るからに男性のシンボルの形をしています。これは女性ではあり得ないわけです。

— 探査や発掘調査は他大学などとチームを組んで行うものなのでしょうか。

亀井 指宿での探査の場合、データの分析は東工大で行っていますが、私たちは発掘の技術を持っていないので、鹿児島大学やお茶の水女子大学の学生、地元のエデュケーション委員会の人たちに発掘してもらいました。

— 遺跡探査のための資金はどこから出ているのでしょうか。

亀井 通常遺跡の探査は教育委員会などからの依頼で実施します。民間企業からの援助は受けにくい分野なので、海外調査や機器開発等多額の経費がかかるものは、国からの科学研究費補助金が頼りです。2004年から6年間、火山噴火の被災からの復興過程を遺跡から探るというテーマが採択され、その資金で指宿に行ったり、イタリアに行ったりすることができたわけです。

— お話をお聞きしていると、遺跡探査とは幅広い知識を必要とする、まさに総合科学という印象を受けますね。



豊穰や子孫繁栄を願い、九州南部を中心に広まった「田の神(たのかん)」像。現在も、約2000体が野外に点在している。

亀井 確かに総合科学という側面はありますが、重要なのは集めたデータから何かに気づき、それをきちんと解釈できるかどうかということです。

昨今のデータ収集の技術の進歩にはたいへん驚かされます。例えば、ヨーロッパの遺跡探査では広大な畑などに10台ぐらいのアンテナをトラクターで引いていき、大量のデータを取ることがあります。

日本では探査できる土地が狭く、ヨーロッパのようなことはできなくても、大量にデータが取ることが可能になりました。その反面、得られるデータが多くなってしまい、細かい情報を読もうとしなくなることがあります。特に最近の学生たちはデータを細かく見ていこうということをしなくなっています。技術の進歩には一長一短があると言えるかもしれません。

火山噴火で埋もれた イタリアでの遺跡探査

——そのほか、過去の遺跡探査で印象に残っていることはございますか。

亀井 ここで失敗をした話もしましょう。電気探査では地面にたくさん電極を刺しますが、手っ取り早く探査をするために、一面に電極を配置すればよいと考え、8つのチャンネルを同時測定できる抵抗計を使い、USBポートで電極切り替え器をコントロールする装置を設計しました。USB1ポートあたり



イタリア ソンマ・ヴェスヴィアーナ遺跡の発掘現場（2004年）

256本の電極をつなぎ、USB32ポートで合計8192本の電極がコントロールできます。

しかし、よく考えてみると、電極1本の重さは500gあり、8000本だと総重量は4tにもなります。機械を作ったのはいいのですが、結局、運ぶことができなくなってしまいました。

これを使ってイタリアで電気探査を行うことになりました。このときは1000本の電極を持っていくことにしましたが、原価は安いのに、往復の輸送費だけでも相当な金額になります。

それに加えて問題になったのが、関税を免除してもらうための「カルネ協定」でした。カルネ協定では

現地で部品が1コでも紛失すると、関税がかかってしまいます。電極1本を忘れてきただけで、他の機械類にかかっている分も含めて多額の関税がかかってしまうことになるので、輸出という形にしました。結局、電極は現地に置いてくることになりました。

探査を行ったのは、472年のヴェスヴィオ火山の噴火により埋没した初代ローマ皇帝の別荘とされる遺跡でした。発掘を行った結果、深さ10mぐらいのところに、レンガづくりの建物や、石灰岩の石柱が立っている神殿が出てきました。

私たちはこの発掘現場の横で、電気探査と地中レーダ探査を行い



ソンマ・ヴェスヴィアーナ遺跡での電気探査の様子





電気探査で異状があった場所から
出てきたドーム



ました。電気探査では固いところに256本の電極をハンマーで打っていくのも大変な作業だったのですが、深いところに埋まっているので、分解能が悪く、探査の結果も地下になんとか構造物があるのが分かるといった程度でした。

掘ってみると、電気探査で反応があった場所から、ドームを持ち、内側に壁画の描かれた建物が出てきましたが、お金、体力、労力をかけた割に、遺構の形を認識することはできず不満の残る探査となりました。

創立以来の成果を展示する 東京工業大学博物館

——最後に、現在、亀井先生が副館長を務めておられる東京工業大学博物館について、どのような施設なのかご説明いただけますか。

亀井 この博物館は百年記念館という施設がもとになっていて、東工大での研究開発に使われてきた機器や研究成果を収集し展示しています。

例えば、東工大の三大発明と言われる水晶振動子、フェライト、ビタミンB2に関する資料をはじめ、綿から糸を作り、織物をつくるまでの一連の機械、動作可能な状態で現存する最古のスターリングエンジンという外燃機関といったものがあります。

それと、東工大出身の三人の人間国宝、濱田庄司氏、島岡達三氏、芹沢銈介氏に関する展示などもあります。陶芸家である濱田庄司氏や島岡達三氏を東京芸術大学出身と思っている人が多いようですが、彼らは東工大の窯業科の出身で、芹沢銈介氏は工業図案科の出身です。ちなみに、人間国宝を断った陶芸家の河井寛次郎氏も窯業科の出身で、民芸運動を引っ張った人たちが東工大で学んでいたのです。

そのほか、東工大博物館では特別展示や企画展示、イベント、講演会なども開催し、大学の窓としての役割を担っています。

—— 本日は、ありがとうございます。



貴重な機器が多数展示されている東工大博物館



現存する最古のスターリングエンジン



人間国宝・芹沢銈介氏の
型絵染作品「壺屋のろくろ」

(写真提供 東京工業大学博物館)