

地質調査

'08 第 3 号

〔小特集〕自然保護・世界遺産

編集／社団法人全国地質調査業協会連合会



発行 土木春秋社

遺跡の調査と保全

田中やすし*

1. はじめに

当社は、1965年創業、18名の地方地質調査企業。一企業として、これまで取り組んできた遺跡の調査と保全、研究開発、社会貢献活動を振り返り、所見を述べる。

2. ポンペイ遺跡調査

1993~94年、イタリア・ポンペイ遺跡発掘調査隊に考古探査班として加わった。1960年代以降イタリア政府は「国家的遺跡」とし、外国人の調査を制限してきた。今回日本の技術と経済力に期待し、日本人調査隊が初めて許可された。

ポンペイの街は、紀元79年北西10kmのベスビオ火山が大噴火、火山灰に埋もれてしまった。その後約1700年を経て始まった発掘調査によって、古代ローマの都市遺跡がタイムカプセルで出現した。ポンペイには、9箇所の城門があったと伝えられている。8箇所の城門は発掘されたが、カプア門は「幻の城門」といわれ未確認だ。日本人調査隊の発掘場所である。

海外考古探査は、少ない事前情報で現地に入る場合が多い。未知の探査環境を想定、あるかぎりの条件に対応できる機材を一通り持ち込む。現地で工夫して間に合わせることも想定し、仇のように完ぺきに準備する。現地では、最初に地下構造の情報、探査環境、考古地盤・地質など手分けして調べる。測線とグリットを設定したら、探査方法の順位、測線順番をきめる。考古探査は、絞り込みから精査の順の継を守っている。私はエキサイトしやすく、闇雲に探査し、測線が混乱して整理に大わらわという失敗をたくさん体験した。解

かれぬ謎を解いてやろうという逸る気持ちを抑えることだ。考古探査は、地下の異常箇所を見極める考古地盤技術だ。その分布や領域の絞り込みができれば成功だと私は思う。しかし、考古探査に探検ロマンを感じない人には退屈な作業だ。写真1は、ベスビオ火山を背景にEM31電磁誘導探査器で地下の導電率をマッピングしている。この直下に幻の城門「カプア門」が存在するという。



写真1 電磁考古探査

ポンペイ遺跡は、降下浮石および火山灰流、火碎流堆積物に埋められている。降下火碎物は、Mantle Beddingを示し、地形を良く反映することで知られている。火山灰の堆積構造から、旧地形や構造物の存在を推定するヒントにするため露頭調査をした(図1)。

群馬県子持村に「日本のポンペイ」といわれる

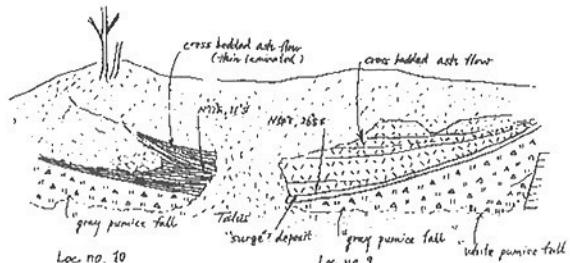


図1 露頭スケッチ

* (株)田中地質コンサルタント 代表取締役

田尻遺跡がある。榛名山の噴火によって、1500年前の集落農地、古墳群が軽石で埋没した。役場の許可を得て、古墳跡を試験フィールドに事前の予習をした。地下レーダ、電気探査、電磁探査の有効性が確認できた。この経験が生かされ、ポンペイで地下レーダの顕著な反射パターンと電気比抵抗分布の組み合わせによって多くの遺構推定箇所の報告ができた。周波数 25 MHz の地下レーダ探査は、深さ 10 m までの遺構と旧地形を反映させることができた。

ポンペイ遺跡は、世界の学者から「考古学の女王」といわれる世界遺産だ。19世紀の初めに慌ただしく発掘調査が行われてから現在すでに 3 分の 2 が発掘された。発掘調査が先行し、所々に保存整備を待つ遺構が見られる（写真 2）。遺跡の保存技術の研究開発は急務であり、私たちの役割と実感した。

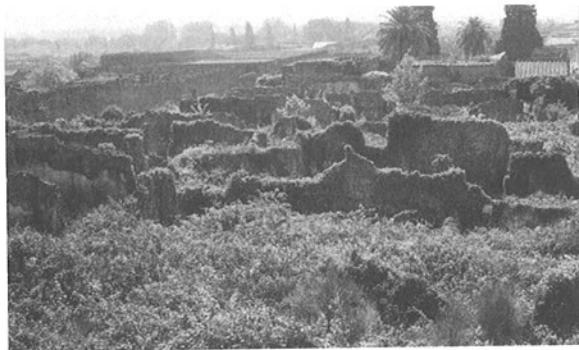


写真 2 発掘後保存整備を待つ遺構

3. ホヤデセレン遺跡調査

1995~96 年エル・サルバドル学術調査プロジェクトに参加した。ホヤ・デ・セレン遺跡は、サン・サルバドルの北西 36 km にある。遺跡は 1993 年世界遺産に登録された。

紀元 590 年前後、ラグナ・カルデラ火山の噴火によって 5~7 m の火山灰にすっぽり埋もれた古代集落遺跡だ。1976 年工事中に偶然発見された。火山噴火という突発的な災害によって放棄されたため、集落全体時間が止まったように埋もれている。全面発掘すれば、紀元 600 年代マヤ文明の地域社会の全容をほぼ完全に復元できるという。「新大陸のポンペイ」といわれている。

私は幸運にも子持村の「日本のポンペイ」を体験し、「ポンペイ遺跡」に続いての火山災害遺跡に巡り会った。

3 名で測量、土壤・地盤・地質調査、物理探査の作業に当たった。地下レーダと電気探査、火山灰の堆積調査、遺跡の保存環境データ収集等である。

ポンペイの調査経験を活かし、火山灰堆積遺構の露頭調査を行った。発掘された建物の壁面には 1000 度以上という火山灰の熱によって焼かれ、火山灰の堆積構造が縞模様になって遺された。珍しく貴重な遺跡だ。考古火山研究にはポンペイに劣らぬ絶好のサイトだ。

発掘された遺構は、鉄板屋根で覆い保存整備が進んでいるが、畠のある畠の遺構に劣化がみられ散水していた（写真 3）。



写真 3 遺跡を保存するため散水している

土の建造物は、発掘と同時に風化劣化が始まる。ここでも遺跡の保存研究の必要性を強く感じた。

4. 交河故城遺跡

1994 年早稲田大学シルクロード調査隊に参加した。トルファンから北西 10 km にあり、南北約 1600 m、東西 300 m のトルファン盆地で最も古い都市国家の広大な遺跡だ。建設されたのは今から 2000~2300 年前、当時の大道、住居、官庁街、大寺院、仏塔などの跡が遺されている。私には建物遺構を見分けられないが、風化がひどく瞬く間に消滅してしまうのではと思った。

2000 年も放置されているというのに樹木も雑草も生えていない。

遺跡が風化していく過程も、歴史の事実である。しかし、先人から引き継がれた文化遺産を、次の世代に受け継いでいく過程で、古環境を調査研究し、保存科学に知恵を出していくことは私たちの



写真 4 交河故城遺跡

使命であると思った。

5. 土造り遺跡の強化保存研究開発

1996年、福井工業高等専門学校およびメソアメリカ学研究会と共同研究をはじめた。土と石造り遺跡の強化保存剤の研究開発だ。土や石造の遺構は、風雨、地下水、乾湿温度変化、塩類、微生物、動植物による風化を受け劣化していく。文化財の重要なことは、処理後変色や照りがあってはならない。さらに浸透性・通気性を保ち、耐抗性に優れ安全なものでなければならない。研究の成果強化保存剤TOTを開発した。

TOTは、ケイ素を主成分とするアルコキシドアルコール溶液からなる。土や石になじみが良く、処理に伴う色の変化がない。エチルアルコール等を使用したクリーンマテリアルタイプだ。



写真5 土の神殿ピラミットでTOT処理実験

1997年開発したTOTは、エル・サルバドルチャルチュアパ遺跡において、エル・サルバドル学術調査隊によって保存研究実験に使用された。

遺跡は、サン・サルバドルの北西約80kmにある。紀元前4世紀から後6世紀ごろ栄えたマヤ文明遺跡で、土の神殿ピラミット遺跡の調査、発掘、復元、保存が目的である。

ユネスコの世界遺産条約の広まりに伴い、遺跡調査は発掘するだけの対象ではなく、発掘後の保存も研究する方向へと転換が迫られてきた。調査隊は、これまでの考古学班・歴史民俗学班、民族学班に、コンピュータ考古学班、考古探査班、保存科学班を加えた。

1999年、JST(独立行政法人科学技術振興機構)独創モデル化事業の委託を受け本格的な研究開発に入った。

遺構には、風化しやすい砂質土、砂質岩の建造物が多い。従来のTOTは、浸透性に重点を置いたので、空隙が大で浸透性が高い遺構では粒子間での結合強化が望みにくい。強度を上げるには、処理を重ねてTOTの使用量を増す必要があり費用がかさむ。写真6の地震断層のような砂礫や砂質

土用の保存液の開発が望まれた。

アルコキシド溶液と無機高分子、あるいはエポキシ樹脂のような高分子材料と組み合わせることにより、無機-有機ハイブリッド剤を合成する。それらの粘稠溶液を使用することで、空隙を埋め強度を高める砂礫、砂質土用の強化保存液の開発を試みた。



写真6 TOT処理した地震断層

2002年、砂礫、砂質土用TOT-Vが誕生した。現在粘性土用TOTと2種類の商品を販売している。遺跡の強化保存剤TOTは、新技術情報提供システム(NETIS)KK-980071に登録された。また福井県の「実は福井」の技No.119にも登録された。特許申請中。

6. 考古探査器機

1988年6月イギリスの考古探査の第一人者アンソニー・クラーク博士を訪ねた。イギリスではバージントン社長、ジオスキャン社のロジャー・ウォーカー博士、アリストトレット氏たちが考古探査用の装置を開発販売し、実験や請負もしていた。現在世界各地で活用されている電気比抵抗マッピング装置RM15、磁気探査装置FM38、帯磁率探査装置MS2などの考古探査器機は彼らによって開発された。

1989年クラーク博士は「*Seeing Beneath the Soil Prospecting methods in archaeology*」を出版した。これを機にイギリスでは、考古学調査に考古探査手法が重要視されはじめた。1996年第2版が出版され、国際電子の北島功氏が日本語翻訳版「考古学のための地下探査入門」(雄山閣)を出版した。考古探査を始める人、遺跡調査に興味のある方には解りやすく参考になる図書だ。

考古探査用の器機や装置は、カナダ、中国でも開発販売している。また、日本の大学でも考古探査用電気探査装置の開発研究が行われ、学会で発表されている。

私たちの使用している機器を紹介する。

地下レーダーは、軽量で小型化されたカナダの Sensors & Software 社製である。周波数に応じた多種類の装置があるが、写真 7 の Noggin Smart Cart System を推薦したい。



写真 7 スマートカートシステム地下レーダー

Noggin は、デジタルビデオ記録装置とカートビューソフトウェア、走行距離計、バッテリーを搭載している。自由に押して歩きながら、スムーズに考古探査ができる。

解析ソフトも進歩し、3D 解析技術で詳細に地下の異常を探ることができる（図 2）。

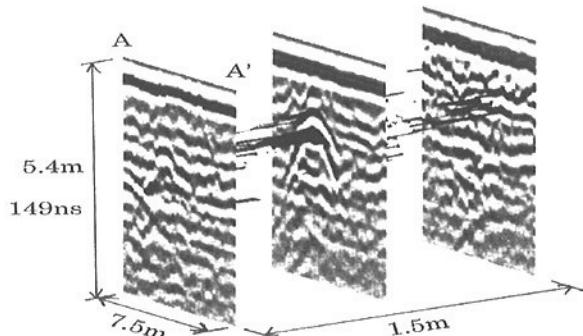


図 2 地下レーダー 3D 解析図

電気探査は、中国 GeoPen 社製の比抵抗 2 次元探査装置 E 60 C を薦めたい。小型軽量、リアルタイムでイメージ画像が見られる。

写真 8 は、測線テープに沿って 20 cm 間隔に電



写真 8 E 60 C による比抵抗二次元考古探査

極を刺し 1 本のリレー線に繋ぎ、短時間で設置測定できる。作業効率がきわめて良い。電極数は理論上 65000 本可能。遺跡探査から土木探査まで応用できる。両方とも普通車で運べ、海外調査には特に便利だ。その他、電気比抵抗マッピング、磁気探査、帯磁率探査、電磁誘導探査などの機器や装置も装備している。

7. 研究開発中の探査機器とシステム

自社で使用する目的から製作始めた探査機器を紹介する。中国で委託製作の携帯用「帯磁率計 WSL-C」は、考古探査必携の装置だ。地表地質の構造調査、岩石分類、さらに考古探査として、炉跡、遺物など帯磁率探査に応用できる。便利な軽量探査装置で、私は常時携帯している。研究機関・大学、高校の学習などに人気だ。手作りなので量産していない。

同じく中国で「電気探査装置 DZD 10」を少量製作した。使いやすく低価格なので完売してしまった。特に大学で多く使われたので満足している。完ぺきなマルチシステムより研究による改良の余地を持った少し古典的な機器が学生や研究者に人気があった。

現在開発中の探査機器は、2000 年 JST 委託研究の「電場探査器 GeoRep」である。1 Hz～50 KHz の自然電場、人工電場を利用した簡単な方法で、断層や地下の異常構造を絞り込む予備調査の装置

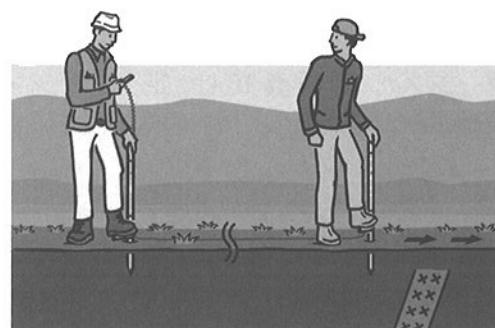


図 3 GeoRep 電場探査のイメージ図

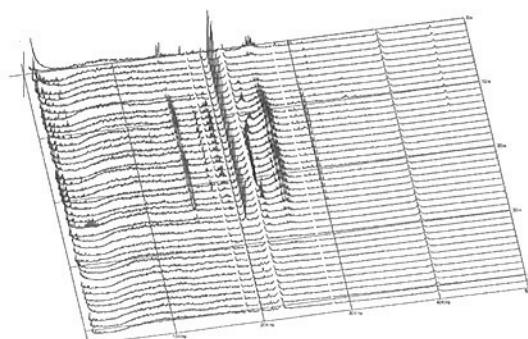


図 4 測定距離一周波数一電場強度曲線

だ(図3)。

特定の周波数に依存せず、ELF、VLF帯全域の測定を同時に行うことが可能である。1測定点ごとに全周波数ごとの電場強度を得ることができる。データ処理に小型PCを用いるので、測定と同時にデータの解析、保存等を行うことが可能。測定しながらリアルタイムに距離-電場強度曲線を見て異常地点を指定できる(図4)。活断層の位置や方向の予測を目的に開発したが、考古探査、土木地質に応用できる。JSTと共同特許申請、商品化開発中。

もう一つの研究開発は、「定方位サンプリングシステムGeoCom」だ。

湖沼や湿地などの静水域で堆積した細粒堆積物は、堆積残留磁化として堆積時の古地磁気を保持している。古地磁気測定は過去の地磁気変動を復元できる。このように詳細古地磁気年代測定を行うためには、その前段階として、古地磁気情報を保持した定方位試料を地下堆積物から自由に採取できるサンプリング技術が必須である。こうした現状と各種の堆積物に適用できる汎用性を踏まえて、定方位サンプリング技術の開発を行った。

2002年からアナログ方式のサンプリング試作機を開発、兵庫県で試験使用した。2006年には、デジタル非磁性方位センサーシステム方位精度 1° rms(分解能 0.1°)の試作に成功し、福井県で深さ40mまでのサンプリングを行った。

採取できた粘土層はN値12程度まで、砂質シルトは採取率が若干低下するがN値15~20まで採取できた。写真9は、センサー内蔵の定方位サンプラーシステム。写真10は、定方位サンプラーから古地磁気測定用キューブ採取をしているところ。



写真9 GeoCom 定方位サンプラーシステム



写真10 サンプラー試料

定方位サンプリング技術の開発は、堆積物の古地磁気年代や堆積構造解析を可能とする点で、年代情報を必要とする古環境研究に貢献できる。また、活断層調査や津波堆積物調査による地震・津波発生間隔の高精度推定に役立つ。これらの調査で得られた地震・津波発生間隔は長期確率予測やそれを用いた強震動マップなどの精度向上につながり、最終的に防災に役立つと考える。さらに、過去の堆積物から数10~数100年オーダーの気候変動を解明し、それを地球気候システムモデルのシミュレーション結果と比較することから近未来の地球温暖化の影響を予測しようとする研究にも貢献できる。特許申請中。

8. 関連学会・協会の動向

1982年、日本文化財科学会が設立された。文化財に関する自然科学・人文科学両分野の学際的研究の発達と普及を図ることを目的としている。

研究発表テーマは、全般、年代測定、動植物・人骨、地形・地質・土壤、人工遺物、保存科学、調査法、探査、考古学的考察に関する関係文献の9つである。

今年6月、第25回大会が鹿児島国際大学で開催された。会長の開会挨拶で「文化財科学の社会貢献活動」が強調された。四川大地震を取り上げ、日中研究機関の協力話題があった。考古学関連の研究者は、世界遺産を始め各地に出かけて活発な国際貢献をしている。その後会長にお会いし、企業の社会貢献活動のあるべき姿をたずねた。「NPO法人の活動に期待している」と言い、企業のことは話題になかった。未だ学問研究分野の世界だと感じた。

研究発表は口頭発表52、ポスターセッション160あった。ほとんどが大学および研究機関である。そのなかわずかに地質調査企業2社、文化財サービス会社が2社であった。研究テーマの約半分は地質調査業に関連している。

日本文化財探査学会は1998年に設立した。各種の物理探査機器を応用して地下構造や地盤の異なる性質を地上から推定する考古探査だ。この学会は地質調査業の得意とする研究分野だと思う。

今年は11回大会が開催されたが、地質調査企業は2者の参加であった。一方文系の天理大学と琉球大学考古学研究室が物理探査器機を設備し考古探査研究に取り組んでいると報告された。

2003年には日本遺跡学会が設立された。設立の要旨に、「われわれは今一度初心に返り、現代社会

における遺跡とは何か、遺跡をどのように保存・活用するかを、学際的、国際的なレベルで研究し、ひいては遺跡の本質と、現代あるいは将来におけるるべき姿を体現化していく必要がある」。さっそく入会し、初回の大会で発表した。テーマは「福井県今庄町における明治の砂防堰堤群を活用したフィールド・ミュージアムづくり」。会社で蓄積した文化財の調査と保全、活用および砂防技術の経験を生かした地域活動発表だ。

近年考古学という学問分野に、自然科学、文化財科学が加わり地域資源としての利活用まで学際的拡大の方向だ。遺跡に地質調査企業の関わりやすい環境がてきた。これらの学会に企業が多く参加し、研究者とともに研究開発を競っていくことが必要と思う。

2005年、民間企業87社による「日本文化財保護協会」が設立した。文化財の調査、分析、保存活用など専門性と技術力を育成し、行政機関との連携・協力を進め、文化財保護の推進を目的とした。埋蔵文化財発掘調査に関わる専門資格「埋蔵文化財調査士」を117名誕生させた。現在は発掘調査に重点を置いていますが、遺跡調査・保全市場を育む方向性が見える行動だ。

9. 身近な社会貢献

当社の身近な社会貢献活動を紹介する。



写真11 日野川でのEボート体験

当社には、地域活動を支援する「環境文化研究所」を設けた。1997年設立、社員がメンバーで自由参加。会社で蓄積した経験や知識を得意技として、地域活動に参画、支援している。社屋には市民と会社の交流スペース「オープンハウス」を設けてある。活動の案内や報告など展示、会合もできる。「日野川流域交流会」「ふくい里地里山ネットワーク連絡会」の事務局支援も行っている。

全国組織RACの構成員として「川に学ぶ体験活動」「プロジェクトWET」「ネイチャーゲーム」など環境教育、自然保護活動も持続している。写真11は、少年達にEボート体験活動を指導する社員（右端）。

福井県の今庄南山地には、明治の石積砂防堰堤群が点在する。当研究所は、古の記憶の収集、地域の遺産探し、砂防ハイク等行いながら歴史的砂防施設の保全と利活用住民活動を支援してきた。

登録文化財に登録され、歴史的砂防施設を核としたエコミュージアムができた。現在、山地一帯に点在する砂防文化財を巡る「砂防パーク」づくり活動に取り組んでいる。今年6月、全国土砂災害防止月間イベント「砂防文化を語る会」を開催した。テーマは、「巨石積み砂防文化の歴史と登録文化財—岐阜と今庄山地砂防の交流—」。砂防ハイクとフォーラム、住民都市住民の交流会を楽しんだ。

写真12は、明治の石積砂防堰堤での砂防ハイク集合写真、子供も含め県内外から40名参加した。



写真12 砂防ハイク集合写真

今年の5月11日、地質の日「ふるさと越前の地盤と地質を学ぶセミナー」を開催した。地形地質の生い立ち、地盤から学ぶ災害予測など身近な地質・地盤など実験を交えながら学習した。市民30名が参加し、社員の解説を熱心に聞いてくれた。毎年開催していくつもりだ。

10. あとがき

学問研究分野といわれる「遺跡の調査と保全」に、市場性があるだろうか。

昨年、アフガニスタンの遺跡で大規模な考古探査が行われ、地質調査企業が受注した。遺跡の修復保存研究に、以前から大手ゼネコンが参入している。最近上場会社が文化財会社を設立した。ユネスコの広報活動も活発だ。学会では考古探査研究学生が増えてきた。日本文化財保護協会の活動も注目される。遺跡の空中写真測量図化はすでに市場化している。

これらの動向を見ると、遺跡市場は期待できる方向にあると思う。まずは、学会等への地質調査企業の参入と、遺跡にロマンをときめかす若い地質調査技術者が増えることに期待している。