

# 地質調査

編集／一般社団法人全国地質調査業協会連合会

2022

## 第2号

(通巻160号)

### Japan Geotechnical Consultants Association

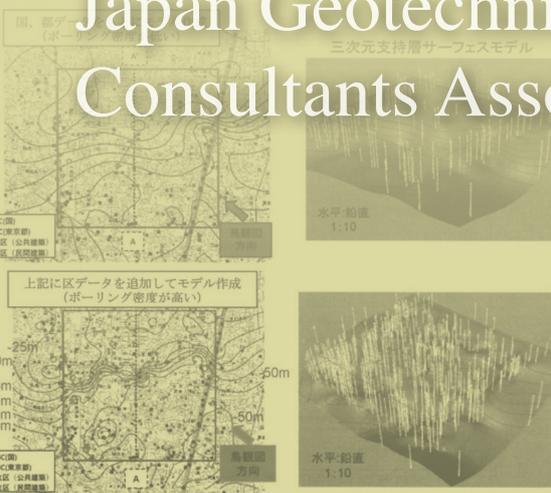
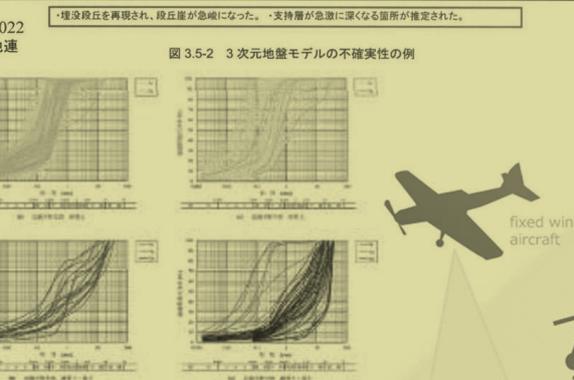
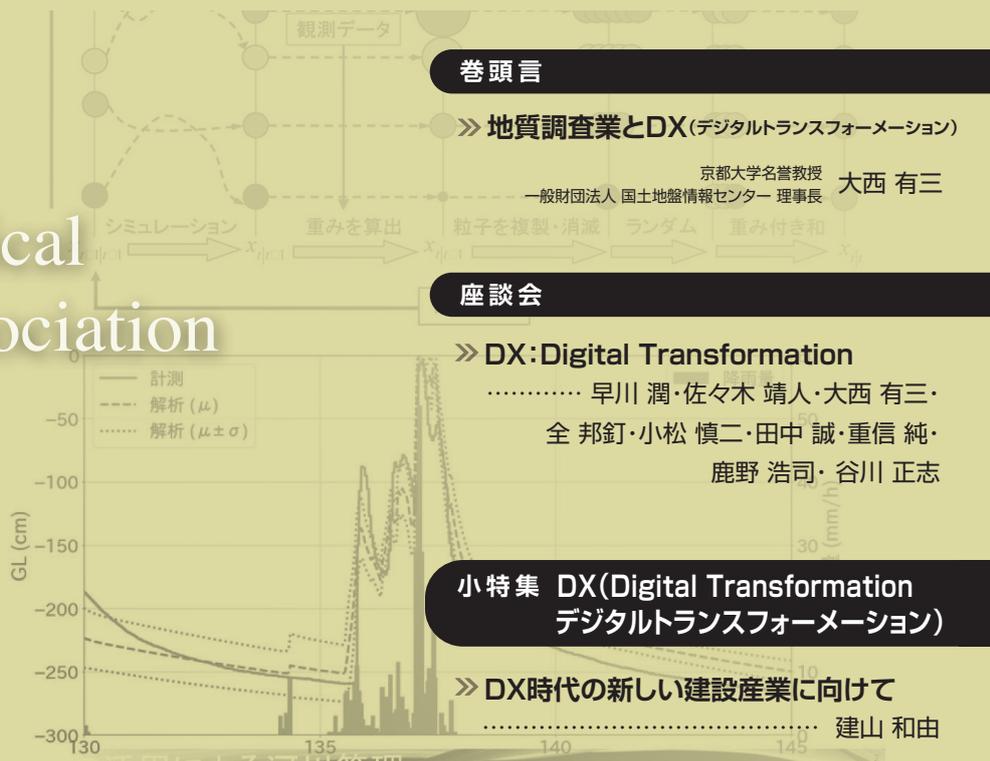


図 3.5-2 3次元地盤モデルの不確か性の例



粒徑加積曲線



#### 巻頭言

≫ 地質調査業とDX(デジタルトランスフォーメーション)

京都大学名誉教授 大西 有三  
一般社団法人 国土情報センター 理事長

#### 座談会

≫ DX: Digital Transformation

早川 潤・佐々木 靖人・大西 有三  
全 邦釘・小松 慎二・田中 誠・重信 純・  
鹿野 浩司・谷川 正志

小特集 DX(Digital Transformation  
デジタルトランスフォーメーション)

≫ DX時代の新しい建設産業に向けて

建山 和由

≫ 豪雨時の斜面防災におけるDX

伊藤 真一

≫ DX は地方に幸福をもたらすのか

田中 謙次

≫ (トピックス) 2021年TBS 版日本沈没

山岡 耕香

#### 基礎技術講座

≫ 露頭観察 ..... 寺田 貴俊

#### 寄稿

≫ 地質技術者に求められる  
10の資質と姿勢

鳴井 幸彦





巻頭言	≫ 地質調査業と DX (デジタルトランスフォーメーション) 京都大学名誉教授 一般財団法人 国土地盤情報センター 理事長 大西 有三 …… 1
座談会	≫ DX : Digital Transformation 早川 潤・佐々木 靖人・大西 有三・全 邦釘・ 小松 慎二・田中 誠・重信 純・鹿野 浩司・谷川 正志 …… 6
小特集	■ DX (Digital Transformation   デジタルトランスフォーメーション) ≫ DX 時代の新しい建設産業に向けて 建山 和由 ……28 ≫ 豪雨時の斜面防災における DX 伊藤 真一 ……34 ≫ DX は地方に幸福をもたらすのか 田中 謙次 ……39 ≫ 〈トピックス〉 2021 年 TBS 版日本沈没 山岡 耕春 ……43 ≫ 露頭観察 寺田 貴俊 ……47
基礎技術講座	≫ 盛土・埋土地における空中写真を活用した 調査計画の立案と実施 水野 正行 ……53
私の経験した現場	≫ 広瀬川と竜の口峡谷 ～身近にある自然の恵み～ 菊地 真 ……57
大地の恵み	≫ 高知県高岡郡佐川町 佐川町立佐川地質館 吉村 典宏 ……59
各地の博物館巡り	≫ 中新世のコーンシート群と中央岩脈群 (愛知県) 富岡 伸芳 ……61
各地に残すべき地形・地質	≫ 深田地質研究所 千木良 雅弘 ……63
研究所からの報告	≫ 地質技術者に求められる 10 の資質と姿勢 鴨井 幸彦 ……69
寄稿	
地質だより	■ 2022 年度 全地連資格検定試験の実施結果について …… 73 ■ 地質リスクマネジメント事例研究発表会 …… 74 ■ 令和 4 年度 全地連資格制度 登録更新の手続きについて …… 75 ■ 小冊子「3次元で地下と地上を見てみよう」の作成 …… 75

## 既刊情報

下記の「地質と調査」は、次の URL または QR コードから、どなたでもご覧いただけます。

全地連の機関誌「地質と調査」

[https://www.zenchiren.or.jp/jgca/jgca\\_geo-se.html](https://www.zenchiren.or.jp/jgca/jgca_geo-se.html)



### ● 掲載概要

2000 年第 1 号 (通巻 83 号) ~ 2005 年第 4 号 (通巻 106 号) → メインテーマのみ

2006 年第 1 号 (通巻 107 号) ~ 2013 年第 1 号 (通巻 135 号) → 【会告】を除くすべてのページ

2013 年第 2 号 (通巻 136 号) 以降 → すべてのページ

※ Web 掲載版の「地質と調査」はカラーで閲覧いただけます。

### ● 最近の発刊

通巻	発行年月	メインテーマ
150 号	12 月	小特集：熊本地震
151 号	2018 年 4 月	小特集：インフラメンテナンス
152 号	11 月	小特集：地熱
153 号	2019 年 6 月	小特集：地盤情報データベースの現状と課題
154 号	11 月	小特集：沿岸
155 号	2020 年 4 月	小特集：AI で地質調査はどう変わるのか
156 号	11 月	小特集：防災・減災 - 豪雨災害の被害軽減に向けて -
157 号	2021 年 4 月	小特集：地図データの活用
158 号	11 月	小特集：物理探査が拓げる地質調査
159 号	2022 年 4 月	小特集：堆積物の科学
160 号	11 月	小特集：DX

## 次号予告

**地質調査** 2023 年 第 1 号 (通巻 161 号) 内容 (予定) 令和 5 年 4 月発行予定

小特集テーマ：全地連創立60周年記念号

# 地質調査業と DX（デジタルトランスフォーメーション）

おおにし ゆうぞう  
大西 有三\*

Key Word

DX（デジタルトランスフォーメーション）、DXの概念、i-Construction、IoT、ICT、インフラDXの課題、地質調査業とDX、デジタルツイン、ミドル・シニア層の学び直し

## 1. はじめに

いまや「デジタルトランスフォーメーション（DX）」という言葉が聞かない日はない。業種や業界、規模を問わず、あらゆる企業がDXに取り組もうとしている状況である。建設業界においてももちろん。いろいろな業務、作業の前後にDXという単語がくっついている宣伝文句や解説記事が目白押しである。同時に、建設系で話題となっているトピックスは、デジタル化、ビッグデータ、i-Construction、ドローン、BIM/CIM、AI（人工知能）、デジタルツイン、AR/VR/MRなどであるが、残念ながら十分理解が進んで実用化されているとは言いがたい。今はDX、DXとまるでバブル状態であるが、数年もすると全く顧みられなくなるかもしれない。i-Constructionが提示された当初はあれほど話題になったのに、今では露出度が減った。これらの言葉は、内容が明確でないまま使われているようで、DXについては建設分野とどう関係しているのか、腑に落ちない点が多々あり、改めてなぜ今建設DXなのか、地質調査業界にどのような関連があるのか考察してみる。

## 2. なぜいま建設DX

前述のように、建設DXという言葉が広まり、その推進が強く求められている。DXを進める背景として、建設業界はこれから大きな課題に立ち向かう必要があると言われており、具体的には「働き方改革関連法案」と関係した「建設業界の2024年問題」があるからである。この法案とは、労働者の労働環

境を改善するために制定された様々な法律のことで、2019年より順次施行されているが、建設業においては適用まで5年間の猶予が与えられていた。その猶予が、2024年4月に期限を迎えるので、建設業界は制度の開始期限までに労働環境の整備を進めておかななくてはならないのである。

また、「時間外労働」の上限が罰則付きで制定されるので、中小企業を対象に適用される「時間外労働の割増賃金率引き上げ」も建設業界に与える影響が大きいとされている。これに加えて、高齢者の大量退職と若手入職者の減少、外国人技能実習生が来ないこと、さらに長時間労働、少ない休日という労働環境といったことから、早急に、働き方を変えなくてはいけないということが問題となっている。これを解消するために、国土交通省は「建設業働き方改革加速化プログラム」というものを提唱し、長時間労働の是正、技能や経験にふさわしい処遇、生産性向上を謳っているわけである。中でも、重要課題の建設業の生産性向上を叶えるための肝となるのは企業の「仕事の効率化」である。業務効率化や資源の効率的な活用を通じて、“少ない資源”で“多くの成果”を生み出す仕組みを作り、生産性を底上げする必要があるとされ、様々な効率化に役立つ「DX」が注目されているのである。

## 3. DX (Digital Transformation) とは何か？

DXを活用し、生産性向上を図るには、既存システムを刷新しながらDXを具体化していくことが求められる。このDXの実現には、従来からのIoT

\*京都大学名誉教授 一般財団法人 国土地盤情報センター 理事長

(Internet of Things) や情報のやり取りを行う情報伝達技術 ICT (Information and Communication Technology) などの技術も欠かせないものである。

DX と IoT は、デジタル技術やデータ活用における目的が異なる。DX は、デジタル技術やデータ活用を通して、人々の生活、ビジネスモデルをよりよいものに変革することを指し、IT ツールやシステムの活用は DX 実現の過程の一つである。一方、IoT はさまざまなモノがインターネットにつながることを指す。モノのなかには、デジタルデバイスだけではなく、建物や家電、製造機器なども含まれる。IoT を活用することで遠隔監視や遠隔制御、データの蓄積などができるようになる。

DX の元々の概念は、2004年にスウェーデンのウメオ大学エリック・ストルターマン教授によって提唱された「デジタル技術の浸透によって、人々の生活のあらゆる面で起こる良い変化や影響」を指している。一方、日本では、経済産業省が DX を「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること」と定義している (DX 推進ガイドライン 2018 年)。企業だけでなく、政府機関や地方自治体などでも DX の取り組みを進めているが、実際には DX の推進には苦勞している企業が多く、なかなか進んでいないのが現状である。

改めて DX とは、単に「今現在の新しい技術を使ってサービスやビジネスを作りましょう」という話ではなく、変化に適応できる組織を目指し、その内部のあり方の変革を目指すもので、デジタイゼーション、デジタルライゼーション、デジタルトランスフォーメーションという 3 つ段階がある。

第 1 段階のデジタイゼーションとは、要するにデジタル化であり、紙文書をはじめとしたアナログ、物理的な媒体をデジタルに置き換えるものである。紙のやりとりをなくすだけでも、大きな効率化が期待できる。例として、マニュアルや請求書など書類のペーパーレス化 (電子化) やそのための RPA、オンライン会議やオンライン商談の実施などが挙げられる。第 2 段階のデジタルライゼーションは、個別業務、プロセスのデジタル化にあたる。人力で行っていた業務を自動化するなどである。ただし、第 1 段階も第 2 段階も、まだカイゼンに留まる状況と言える。第 3 段階に至って、本来の DX 「関係者に向けた新たな価値創造のための事業、ビジネスモデルの変革」にたどり着く。

デジタル化やデータ蓄積の流れで結果的に DX を成し遂げるのではなく、在るべき理想の状態を描いてから計画していくことが大切である。DX で社会の課題を解決するには、1 つの部署、1 つの会社が DX を完遂するだけでは単なるデジタル化にすぎないのであり、全体が繋がらなければならない。このことは、次項の i-Construction についても同じ指摘が成り立つ。

## 4. i-Construction から DX へ

インフラ分野においては、今後深刻な人手不足が進むと懸念される一方で、災害対策やインフラの老朽化対策の必要性は高まっている。こうした課題に対応するため、国土交通省は、2016 年度から ICT 技術の活用等による建設現場の生産性向上を目指す i-Construction を推進してきた。ICT 活用工事とは、プロセスの各段階において ICT を全面的に活用する工事である。施工プロセスの各段階とは、① 3 次元起工測量、② 3 次元設計データ作成、③ ICT 建設機械による施工、④ 3 次元出来形管理等の施工管理、⑤ 3 次元データの納品を示しており、その中で ICT 施工や BIM/CIM をはじめとする 3 次元データの活用等が推奨されてきた。

深刻化する人手不足を解消し、従来の 3K のイメージを払拭して、新 3K (「給与が高い」「休暇が取れる」「希望が持てる」) を掲げた魅力的な職場・業界を目指すために、ICT を活用した省人化・省力化に向けて、「一人あたりの生産性向上を目指す」方向に力を入れてきた。これが i-Construction が世に出た背景と考えられる。

i-Construction の目標は、地質調査の段階から測量、設計、施工、維持管理に至る建設プロセス全体をスムーズに 3 次元データで繋ぎ、新技術、新工法、新材料の導入、利活用を加速化することである。この状況に「新しいビジネスモデルへの投資」「組織変革」を目差すべきだという事情が組み合わさって、i-Construction が建設 DX (あるいはインフラ DX) へと変貌していったわけである。

ここで、建設 DX (インフラ DX) の課題を検討してみよう。i-Construction から拡大したインフラ DX は、調査・測量・設計から施工、維持管理に至る建設生産プロセスを 3 次元データ (BIM/CIM) でつなぐ取り組みであると説明されており、多くの企業がこの DX に取り組んでいる途中である。そのプロセスを示したので、図 -1 である。この図からすべての建設生産プロセスを 3 次元データ (BIM/

・「設計から施工」、「施工から維持管理」のデータのシームレスな受け渡しについて産官学による共同研究  
 ・ボトルネック工程の抽出やデータ変換アプリの開発

■設計から施工へのデータの受け渡し

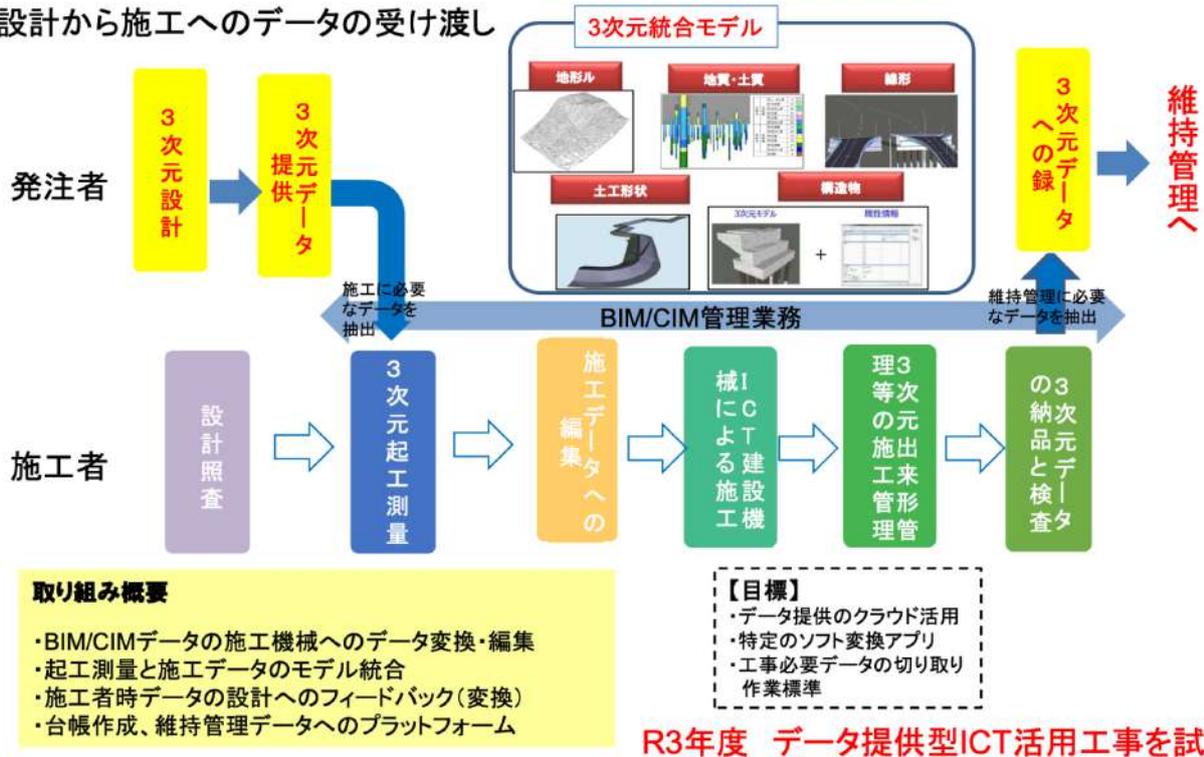


図-1 設計から維持管理までデータ管理を検討

CIM) でつなぐ意図は読み取れるが、残念ながら現実にはデータの流れがスムーズではなく、所々で滞っている。官民ともに担当した部分では、いわゆる部分最適が行われ、個々の作業としては完結するのであるが、全体最適となっていないのが問題である。

また、露わになったいくつかの課題を示すと、各作業工程でデータのフォーマットが統一されていないので、その都度作業に合わせてデータを作り直さなければならないこと、適合したデータ作成にコストや手間がかかること、3次元データを作成できる技術者がまだ少なく2次元からの転換が進んでいないこと、設計と施工のロットや使用するデータが異なること、現状では3次元出来高管理計測データが維持管理担当者に伝わらず、途切れていること、またそもそもの3次元図面のデータ形式が統一されていないのでソフトによって対応出来ない場合が生じること等など、色々な場面で不具合が散見され、更なる改善が求められている。こうした課題を克服し、インフラDXを更に高度化し、抜本的に生産性向上を図っていくためには、新しい技術・手法の導入が不可欠であり、積極的な技術開発が望まれる。

5. 地質調査業におけるDX

国土交通省では、2020年7月にインフラ分野のDX推進本部を設置し、本格的にデジタル化とそれに伴うDX化に本腰を入れ始めた。一方、地質調査業界でも徐々にDX化についての取組みを進めてきたと言われている。すなわち、様々なセンサーの開発とデータのデジタル化とオンライン化、集められたデータを用いてのAI技術の活用、地形や地質情報取得のためのLPデータや衛星データの活用、地盤の3D解析手法の開発や3Dモデルの活用、および地盤データのデータベース化や国土データプラットフォームとのリンクなどが挙げられている。ただし、本来のDXの趣旨からすると、残念ながら、組織全体を俯瞰して「新しいビジネスモデルへの展開」「組織変革」のために優先すべき課題を認識し、その解決の手段としてデジタルツールを適用するという、DXに本来求められる進め方がまだできておらず、部分的に対応が進められていて全体像が見えていない。

デジタル技術でビジネスモデルそのものを変革し

て新たな価値を生み出し、企業の競争力を向上することを目的としているDXに沿って地質調査業を含む建設業の現況を改善するには、新技術の開発・導入が不可欠であり、まず自動化の導入が考えられる。その礎は整ってきている。利用する機器のRTK-GNSSを使った位置推定やマシンコントロールなどの技術は急速に進展しており、技術の取り込みを急ぐ必要がある。また、ドローンの撮影データから現場の状況を3次元にモデル化するSfM (Structure from Motion) 手法は、現場調査の現況や工事の進捗状況を立体視してリアルに「見える化」でき、遠隔でも理解度が上昇する。また、センサーを付け、地盤の応答をリアルタイムで電送し、クラウド上で解析を行って、地盤の特性を把握することも難しくなくなってきた。こうして、地質調査業で取り扱うデータの集積が進むと、AI技術を組み合わせた新しい解釈が生まれ、仕事の効率化、ひいては生産性向上に貢献することになる。

さらには、現場のデータをそのままサイバー空間に再構築してデジタルツインの活用に至ることも現実味を帯びてくる。デジタルツインとは、フィジカルな現実空間で得たモノや環境にまつわるデータを、サイバー空間上に移管し再現する技術概念を指す。リアル空間でセンサーデバイスなどからIoT技術を駆使して得たデータ・情報を、鏡のようにそっくりサイバー空間に反映させるため、デジタルツイン、つまり「デジタルの双子」と名付けられていてメタバースとも相性がいい。特徴は、現実には生産現場などで起きているリアルタイムの状況を現場にいるかのように詳細に把握できることであり、地質調査業の主戦場である現場とも相性がいい。サイバー空間のモデルにリアリティがあれば、シミュレーションが仮想空間で実施でき、様々な解析の結果をリアルの世界に反映して安全性の評価に繋ぐことも出来るようになる。

デジタルツインを活用することで得ることが出来るメリットは数多くある。例えば、遠隔監視の実現やデジタルによる現場作業の効率化、更に予防保全(現場状況を同時進行で把握でき、故障や不具合予測を行うことで、ダウンタイムが縮小される)が可能となる。

また、別の利点として、デジタルツイン技術は、ARやVR、MR技術と融合して、制約がある中で熟練者が複数人の新人を遠隔で支援したり、新人が視覚的なマニュアルにより自立的に正確な作業が出来るようにすることで生産性を向上させることに利用でき、人的資産の有効活用に発展させられる。映像を共有しながらマーカー等による詳細な遠隔指示

が可能となり、現場までの移動コストが不要となるなどの利点が生まれる。

## 6. おわりに

建設DXは、建設業界、地質調査業界にとって新しい概念である。国土交通省もインフラDXが関連業界にあまねく浸透していくように様々な広報を行っている。令和4年3月にはインフラDXアクションプランを策定・公表(図-2参照)し、理解を求めている。ただし、このような新しい事柄に対応するには、常に学び、好奇心を持ち、チャレンジする精神を育む文化が業界内に必要である。この文化が育たなければ、新技術開発や技術採用の障壁を克服することは困難であろう。

少々の失敗も恐れずに、新しいことにチャレンジしていく人たちは、世界には沢山いる。代表格は、米国のベンチャー企業家イーロン・マスク氏である。彼は何度も失敗しているが、現在は電気自動車(EV)メーカーであるテスラと、ロケット再利用自動帰還システムを開発して打ち上げの劇的なコストダウンを実現させたスペースX社の2つのチャレンジングな会社を経営する。このような奇想天外とも言える構想を実現するには、斬新なアイデア、強い意志と情熱、それに資金が必要である。アメリカには、リスクをとってベンチャー企業に多額の出資をする投資家が沢山いるが、安全・安定志向の日本の投資家にはそのような姿勢はとても望めない。

1990年代の中頃に、IT革命と中国の工業化という二つの大きな変化が起きた。世界はこれに対応して産業構造を変えていったが、日本は古い構造のままにとどまった。残念ながらこのような変化が起きていることを、日本人はあまり意識していない。日本は島国であり国境線が無いため、海外旅行に出かけないと世界における自国の相対的地位を実感できない。だから、外国との比較で日本の地位が下がっていることを自覚しにくい。何よりも必要なのは、今になって、日本の世界における相対的な地位が低下していることがマスコミ等で大々的に報じられ、大騒ぎしている中、日本が置かれている状況を正しく認識し、一步一步、改革を進めることであろう。

日本の停滞感の根本は、全体的にリーダーシップを発揮できる人材が不足していること、広い視野で物事を考え、行動できる人たちが極めて少ないからと言われる。今後少子高齢化で人口が減少し、市場が縮小するであろう日本において、若者の入職・育成は言うに及ばず、ミドル、シニア層こそ「新たな

学び」を始めることが重要なアクションではないかと考えられる。

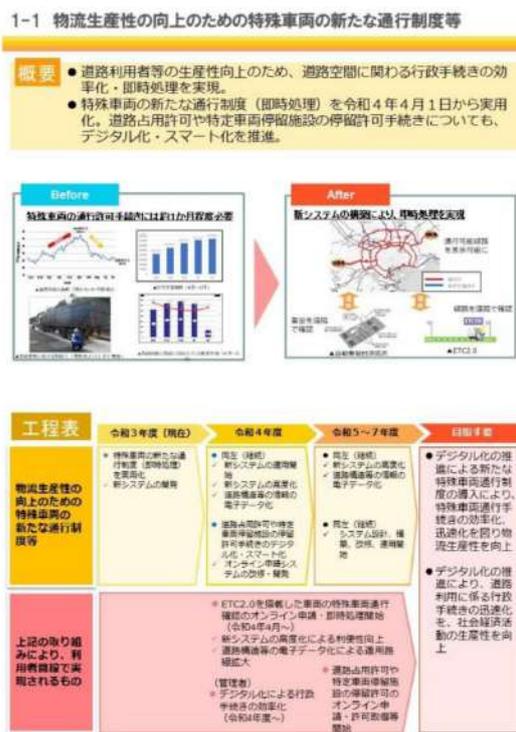
DX 中核人材には、デジタル技術を活用する力以外に、自社の課題や問題点を的確に捉え、新たなビジネスモデルや業務プロセス実現に向けたアイデア発想力や IT 企画力、そしてプロジェクト全体をマ

ネジメントするスキルも必要とされ、能力向上のための「リスクリング」が最近注目されている。変化の激しいこのような状況下で、ミドル、シニア層こそ、後進を指導する役割を担うために、自らの「専門性」を高める意識で、“学び直すべき”であると改めて指摘しておきたい。

○令和4年3月30日に、各施策の取組概要や具体的な工程を明らかにした「インフラ分野のDXアクションプラン」を策定。



表紙



各施策の取組の掲載例

図-2 インフラ分野のDXアクションプランの策定



# DX : Digital Transformation

- 日時：2022年8月2日（火） 14時45分～17時00分
- 場所：如水会館3階「富士の間」

## 【参加者】

- 国土交通省 水管理国土保全局治水課企画専門官  
 （前国土交通省 関東地方整備局 荒川下流河川事務所長）…………… 早川 潤  
 国立研究開発法人土木研究所理事…………… 佐々木 靖人  
 京都大学名誉教授、一般財団法人国土情報センター 理事長 [web 参加] …… 大西 有三  
 東京大学大学院工学系研究科特任准教授…………… 全 邦釘  
 応用地質株式会社 メンテナンス事業部 技術部長 …………… 小松 慎二  
 一般社団法人全国地質調査業協会連合会 会長 …………… 田中 誠  
 一般社団法人全国地質調査業協会連合会 技術委員長 …………… 重信 純

## 【司会】

- 一般社団法人全国地質調査業協会連合会 編集委員長 …………… 鹿野 浩司

## 【ファシリテーター (FA)】

- 一般社団法人全国地質調査業協会連合会 編集委員 …………… 谷川 正志 (敬称省略)

**司会：**本日は暑い中、また新型コロナウイルス拡大という中で、一般社団法人全国地質調査業協会連合会、技術機関紙『地質と調査』の座談会にご参集いただき誠にありがとうございます。私は『地質と調査』の編集委員会の委員長をしております、鹿野と申します。本日はよろしくお願いいたします。

『地質と調査』は1979年に創刊しまして、そのときの小特集のテーマが「ビッグプロジェクトと地質

調査」ということで、本四架橋など、高度経済成長期の開発がテーマでございました。現在の『地質と調査』は年2回発行いたしまして、今年11月発行予定のものが通巻160号となり、そのテーマがDX（デジタルトランスフォーメーション）となっております。

DXということではなかなか分からないことも多く、編集委員会の中で議論いたしまして、今回の座



談会企画となりました。皆さまの闊達な議論となることを期待しております。

そうしましたら、さっそく座談会に入っていきたいと思えます。FAの谷川さん、よろしくお願いいたします。

FA：それでは、私から地質調査業を取り巻く状況ということで、最初にお話しさせていただきます。総生産年齢人口の推移予測では、2020年から2050年にかけて28.2%の減少ということで、総人口と比例してわれわれ労働人口が少なくなる。これは間違いない事実です。だから、働き方や取組み方を変え、魅力のある業界にしなければいけないという、1丁目1番地について、冒頭にお示しをしました。これに伴って、建設業の需給バランスも残念ながら右肩下りの状況が見えておりますので、早期に手を打たなければとても間に合わないと思われま。ところが、私も地質調査業の中の真ただ中におりますが、DXが革新的に進んでいるという実感はありません。データ化というものを見ても、目の前の一つのデジタル化が網羅的に進んでいるような感覚はありません。これをどうやって加速化させていくかということが、今回の議題の一つであると考えています。



次に Society 5.0 の話です。サイバー空間にビッグデータを取り込み、AI解析により現実空間に生かしていく。目指すべき未来の社会は、漠然とは分かりませんが、これをどうやって具現化していくのか。我々の業界にどう取り入れていくのか。ここには沢山の課題があると認識しています。

DXの取り組みの例と致しまして、国土交通省におけるインフラ分野のDX(図1)では、行動のDX, 知識・経験のDX, 「モノ」のDX, この三つのDXで安全・安心で豊かな生活を実現するという考えを示しています。行動のDXでは、クラウドを介して現場と事務所を繋ぐことで、仕事の効率化を実現するというものです。インフラ分野におけるAIの活用事例では、熟練技術者の経験知もデータ化することにより、経験知が沢山データ化できます。一方で、暗黙知も含めて我々はデータ化されていないものも沢山持っていますので、このことが今一つ進んでいない事項です。この議論についても後ほどしたいと思います。



図1

BIM/CIMをマネジメントに使う事例では、地上と地下の3次元モデルをメンテナンスに使っていくことでマネジメントに繋げる仕組みが示されています。地盤の3次元化は、我々に課せられた大きなテーマの一つでもあります。

インフラ分野のDXでは、関連データを連結・統合し、効率化に活用されていくものだと思います。これを具現化していくために、地質調査業は何ができるのかを議論したいと思います。

そこで、今日のテーマです。まずDXの動向のご紹介ということで「荒川下流における河川管理のDX」, 「i-Constructionの寄付講座の最近の動向」, 次に、「地質リスクマネジメント」の流れで、それぞれを早川さん、全さん、佐々木さんにお話させていただきます。その後、課題1として「地質調査業に



図 2



図 3

## 本日の座談会 議事次第

【DXの動向のご紹介】

荒川DX	早川 企画専門官 (10分)
i-Construction寄附講座の最近の動向	全 先生 (10分)
地質リスクマネジメントについて	佐々木理事 (10分)

議題 1：地質調査業におけるDXとは？ ディスカッション：20分

議題 2：DX時代のi-Constructionとしての地質調査業の取り組みは？  
話題提供：調査技術の情報化について 大西先生 (5分)  
ディスカッション：20分

議題 3：DX時代の地質調査業の情報化とは？  
話題提供：地質調査業の情報化について 小松部長 (5分)  
ディスカッション：20分

地質調査業におけるDXの展望 田中会長 (10分)

図 4

における DX とは何か」, 課題 2 として「DX 時代の i-Construction としての地質調査業の取り組みとは何か」。課題 3 として「DX 時代の地質調査業の情報化とは何か」いったことを順次, 議論していこうと考えております。最後に, 地質調査業における「DX の展望」を田中会長にお話ししていただくという流れでございます。

それではさっそく「荒川下流における河川管理の DX」について, 早川さん, よろしくお願いたします。

早川：それでは荒川下流の 2 年間で取り組んだ河川管理の DX についてご紹介いたします。従来の河川管内図は CAD を使って図化し, 冊子に製本したものです。これを現場になど持参して使っています。荒川下流の大きな特徴として首都高が荒川と中川の間に並走しているのですが, この首都高の下が全く図面で再現されないという河川管理上困った現状がございました。これはなぜかと申しますと, 写真測量で取得した写真からトレースする作業になるので, 首都高はトレースできるけれども下の堤防がトレースできないということが技術的な課題としてありました。これが, 昨今レーザがさまざまな方法で取れるようになり, 首都高の下もドローンや MMS のような車両で取得したり, また水面の下の地形もマルチビームの音響探測でできるようになってきたことで, 現状をより正確に把握できるようになったというところが, 一つの技術革新だと思っております。



図 5

従前は 2 次元で平面, 横断, 縦断などを使って立体を頭の中でイメージしながら仕事をしていましたが, 受注者と発注者, ベテランと新人, あとは住民説明の場において, 2 次元で立体を正確に共有する



のは困難です。同じ3次元について話しているつもりでも、なかなか同じイメージで議論できていないことがありますので、3次元そのものを見て仕事をしたらどうかというところが重要ではないかと思えます。これができるようになると、現場でも河川管内図の重い冊子を持って行く必要もなく、タブレットや自分のスマホで3次元河川管内図は見られるようになっていく。また、ドローンも使えるようになりますと、災害対策室でその映像を見ながら指揮することも可能となり、現地踏査で人が地面で歩ける場所からの視点ではない、さまざまな視点で物事が見られるようになったということが非常にDXだなどと思っております。

河川管理のDXの目的です。デジタル空間とリアルな空間を一対一で構築するデジタルツインを作り、それを使うことで、先ほどのSociety 5.0に近いですが、あらゆる関係者がウェルビーイング、良い状態になっていくというところを目指すということです。また、現在の河川では非常にホットイシューですが、流域治水、あらゆる関係者で行動変容をしていくというツールとしても、非常にメリットがあると考えております。i-Constructionの取り組みを通じて、建設現場のほうではだいぶ3次元の有効活用ができておまして、来年度からBIM/CIMモデルも全国展開で標準化するところもあり、2次元CADから3次元CADはできているのですが、この後に維持管理という部分でちゃんと使えるかどうかという課題がありました。これをCADではなくGISを使うことで組み合わせるサイクルを作ったということが、荒川の河川管理のDXの特徴となっております。



図6

多くの河川では堤防の天端に埋設されているけれども、荒川下流において先進的に光ケーブルが整備されたのですが、河川敷に埋設されています。河川敷にあるので洪水の度に水に浸かり、土砂でハンドホールが埋もれてしまってどこにあるか分からないとか課題があります。こういうものが、3次元管内

図の中で立体的に位置を把握できるようになりますと、河川敷の掘削工事で光ファイバーを切らないように施工ができることも非常にメリットがありますし、管理上もどこにあるか明らかになるというのは非常に良いことかなと思います。3次元河川管内図はインターネット上のウェブGISでも公開していますが、内部版も整備しております。こんな感じでウェアラブルデバイスをかぶると、ドローンのプロポと同様の操作で自由に3次元空間に入ってBIM/CIMモデルとかも現地の都市モデルと一体の状態で見ることができますし、このように空から鳥瞰的に見ることもできるので、3次元空間が非常に有効に管理で使えることがわかりました。



図7

さらに荒川のDXは持続可能でなければならないということで、「荒川デジタルツイン構築運用方針」という冊子をまとめて方針を定めました。あとは特記仕様書で、業務、工事、あらゆる発注したものに対して定義するものを、リクワイアメント（要求仕様）という形で定義していること。あとは技術調査課のほうで、オールジャパンでBIM/CIMモデル作成の事前協議・引継ぎシートというものがあるのですが、これはやはり各発注者、河川管理者で明示しなければいけませんので、絞り込んで荒川下流版も作成しました。このデジタルツイン構築の運用方針の中でさまざまなデータを定義しておまして、静止画、動画データ、GIS、3次元点群、CAD、表形式、文書形式、おおむねこのデータで仕事をしているだろうと思いますが、これをどのようにするかというところで、GISで使うために何が大事かというところはやはり位置情報です。X、Y、Zの位置情報がないと重ね合わせができないので、あらゆるデータ、例えば写真でも、最近だとスマホで写真を撮るとExifデータで位置情報をGPSで取得しますが、そういうものがあればきちんと付与して納品する、そうすると3次元管内図にそのまま載せられます。あとはCADも位置情報を設定しないと、縮尺もメーターとミリで1000倍ぐらいの縮尺での重ね合わせ

になってしまいますので、単位を決めたりするとい  
うところで、できるだけ位置情報を付与すること  
を定めました。特に大事なものは高さの設定で、T.P.と  
A.P.がありますが、荒川に関してはA.P.（荒川工事  
基準面）を基本としていまして、水位記録もA.P.で  
整備しております。実はこれが明確になっていな  
かったということが分かったということです。そこ  
で、全ての業務、工事におきましては、基本的に3  
次元モデルを作るときにはA.P.で高さを作って納  
品してください、ということも仕様で定めました。  
ただ一方、3次元河川管内図、Project PLATEAU（プ  
ロジェクト プラトール）のような都市モデルになる  
と、基本的にはT.P.で全国的に定義されています  
ので、その3次元河川管内図に載せるときにはちゃ  
んとA.P.からT.P.変換して使うこととしました。  
あとはBIM/CIMモデルを河川管理プロセスにどう  
やって持って行くかということも実はまだ定義さ  
れておりませんので、これは今年度具体化していく  
こととなります。

オープンデータについては5☆の定義がありま  
す。ホームページに公開しているPDFは加工でき  
ないので、オープンデータではないとされます。こ  
れを二次利用できるルールで公開するというのが非  
常に重要だということなので、3☆と定義される  
CSVやXMLなど、さまざまな加工できるもので  
データをできるだけ公開しようということも進めて  
おり、「荒川下流 GIS オープンデータポータル」を  
公開しております。

**河川管理データのオープンデータ化**

(1) 3Dビューアで公開  
(2) 無償で利用できる機械判読に適したデータ形式で公開  
(3) 二次利用可能なルールで公開

	★1	★2	★3
GISデータ	PDF等	Shapefile等	CSV IDML GeoJSON 等
三次元点群データ	JCD等		Jcd bat xyz 等 SIF(P21) DIF LandXML IFC 等
CADデータ	PDF等	DWG FBX等	CSV LandXML IFC 等
表形式データ	PDF等	xls等	CIFice Open XML 形式 (.xlsx) 等
文書形式データ	PDF等	ppt doc等	CSV CIFice Open XML 形式 (.pptx, .docx) 等
画像・動画形式 データ	PDF JPEG MPEG4 GeoTIFF等		

★1 オープンライセンスで提供されている（データ形式は問  
わない）無償で利用できる（データの形式を問わない）  
★2 機械判読されたデータとして公開されている（ExcelやWord  
等のデータ）  
★3 単独での（標準化された）形式で公開されている（CSV等  
のデータ）  
★4 単一の識別子に紐づいている（他のデータから参照で  
きる）  
★5 他のデータとリンクしている（Linked Open Data）  
※ 資料：国土交通省オープンデータ推進センター

図 8

この中ではダウンロード形式で使えるもの、また  
WEB APIによってURLを入力するとGISにダウ  
ンロードせずにそのまま掲載できる方法もあります  
し、最近ですとゲームエンジンも活用されてお  
りますので、ゲームエンジンに対応できるデータはそ  
のまま地形データを公開するというものも進めてきて  
おります。大容量のデータが格納されたハードディ  
スクで郵送することが不要となり、地質調査を担当  
するコンサルタントの皆さまも含めた多くの関係

者がダウンロードしてそのまま使える Win-Win に  
なっていくと思っております。以上、紹介ござい  
ました。



図 9

FA：ありがとうございます。ずいぶん進んでいる  
なという印象がある一方で、地質調査業として、こ  
れに合うだけの地盤情報をどれだけ見える化し、組  
み込めるか考える必要があると感じています。

それでは、引き続き全先生、お願いいたします。

全：東京大学の全でございます。最初に少し寄付講  
座の紹介をさせていただいた後、その流れでAIを  
使ったサイバーフィジカル空間、あるいはデジタル  
ツイン内での取り組みをお話しさせていただきます。

このi-Construction学寄付講座は2018年10月に、  
当初よりこのような構想（図10）で始まりました。  
データプラットフォームを中心にして、調査、計画  
から最終的な管理、運営までいこうといった理想  
を掲げてスタートしております。並行してこのよ  
うなi-Constructionを仕切るようなデータプラット  
フォーム、あるいは大学ですのでシステム全体に寄  
与できるような人材育成、そういった取り組みで  
ございます。寄付講座のメンバーとして、いろい  
ろな会社から研究員が参加して研究を進めています。  
その中で、特に寄付講座で目指しているところとして、



産業全体の協調領域あるいは標準システムの開発。そして教育システムの開発。あと社会実装、あるいは政策提言といったものを目指しているところがございます。先程申しましたように共同研究の枠組みなどで各種の研究がなされていますが、それに加えて i-Construction システム学の教科書の作成など、いろいろな取り組みを行っております。

その中で、特に今回この座談会で設定している DX という観点では、インフラデータプラットフォームに関する取り組みが特に重要であろうと思っています。コンセプトとして語るのみであれば比較的単純で、例えば2次元図面であったり、先ほどの荒川 DX の話もありますけれども、3次元モデルであったりとかに、データなどを統合して利用するというものです。しかし実際は当然このような簡単な話ではなく、荒川 DX も大変しかりとしたシステムを作られていますけれども、そもそもどういったデータが現在または将来に実務に必要なのかといったことを考えないといけないわけです。また、データの提供者のフォーマットは統一されておらず、このバラバラなフォーマットをどうやって一元的に扱うかは、大きな課題です。そしてまた、利用側のソフトウェアが受け入れるフォーマットもバラバラです。こういった観点から、先ほどの荒川 DX は現時点の解決策として非常に優秀なのですが、今後、例えば10年後、20年後になってくると、また話も変わってきます。そういったときにどういったデータプラットフォームの形があり得るかということ産官学でいろいろと知識、知恵を出し合って検討している段階です。

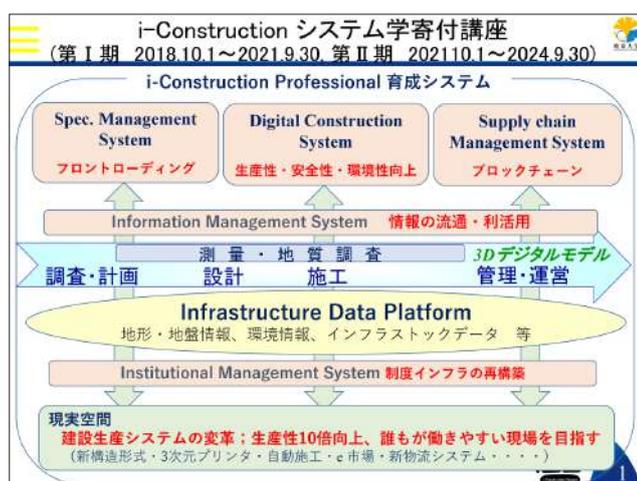


図 10

その中の一つの取り組みとして、協調領域検討会というものを立ち上げ、その中で、建設プロセスのそれぞれの段階での協調領域と競争領域を切り分けた上で、協調領域ではどのような協調が可能かとい

う検討を行っています。

また、DX で重要になってくるのはサイバー空間とフィジカル空間の連携、俗にいうサイバーフィジカルインタラクションです。実際に実物としてのフィジカルがあって、そしてそれを反映したサイバー空間があって、その中にアプリケーションがあって、また他にもデータシステムの連携基盤、あるいはデバイスがあって、こういったものがそれぞれどのように連携していくかというのは、非常に難しい話です。そのような難しい課題に対してどのような学問的アプローチをしていくかがこの講座で目指していることの一つです。そこで、実際にサイバー空間とフィジカル空間の間でデータをやり取りしたような事例について紹介します。

次のスライドは、AI 技術を使った具体例として、国土交通省様による助成により開発した、埋設管探査をすることができる AI と建機の連携という取り組みです。実験にあたってはカナンジオリサーチ様、応用地質様にもご協力をいただいております。これは地中レーダで取得した反射波波形です。こういった双曲線のようなものが埋設管であることが多いのですが、これを自動で検出する AI、そしてその中から頂点がどこかを調べる AI を開発しています。そうすると、検出された埋設管がどこにあり、そしてだいたいどれくらいの深さかが分かる。もちろん地中の水分量によって電磁波の速度が変わりますので、正確な深さは原理的に分からないのですが、XY 座標はだいたい分かりますし、Z 座標（深さ）もおおむねの値は分かる。

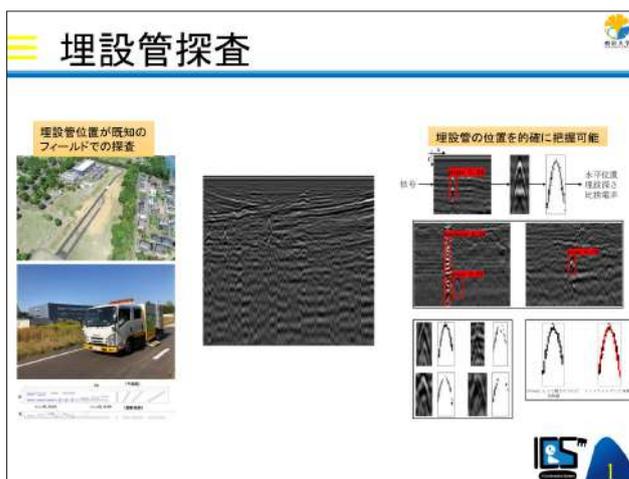


図 11

この枠組みで埋設管をデータ化できれば、そこから API でデータを取得できるようにして、そうすると例えば建機と連携させることができます。建機の側から埋設管がどこにあるかをデータプラットフォームに問い合わせ、得られた情報を元に埋設

管を壊さないような掘り方を計算して、そのような動作をする。例えば次のスライドに示すのは非常に簡単なポンチ絵ですけれども、この灰色の部分埋設管と分かっているとして、ギリギリを攻めると危ないので一定のマージン（青色部分）を与えます。そうすると建機に搭載しているCPUが計算して、この赤い線のように掘るといったことができる。そして、掘削した結果もサイバー空間に反映します。このように、サイバー空間とデジタル空間を、データを媒介にして行ったり来たりさせるといった研究開発です。一つの事例として面白いかなと思って進めています。

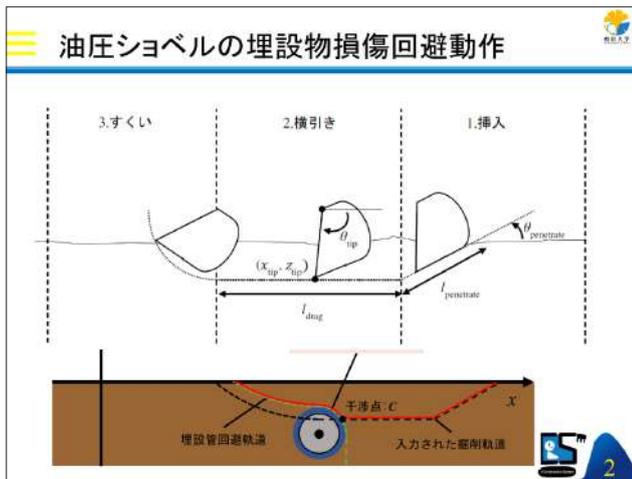


図 12

その過程で API の作り方、あるいは計算速度の重要性など、様々な研究課題を見出しています。次のスライドは実際に土木研究所で実験させていただいた結果ですが、まず地中レーダで埋設管を探索して、AIで解析し、そしてデータプラットフォームに反映する。そしてここに示す建機は土木研究所さんの無人の自動建機ですが、搭載しているCPUが



図 13

データプラットフォームに埋設管の位置を問い合わせ、破壊ないように掘削した結果を次のスライドに示します。

こうやってサイバーフィジカル空間を連携させることで、将来的に様々な省力化が図れ、あるいは業務そのものが変わっていくのではないかとというような話のきっかけになればと思っています。これで私の事例紹介は終わります。

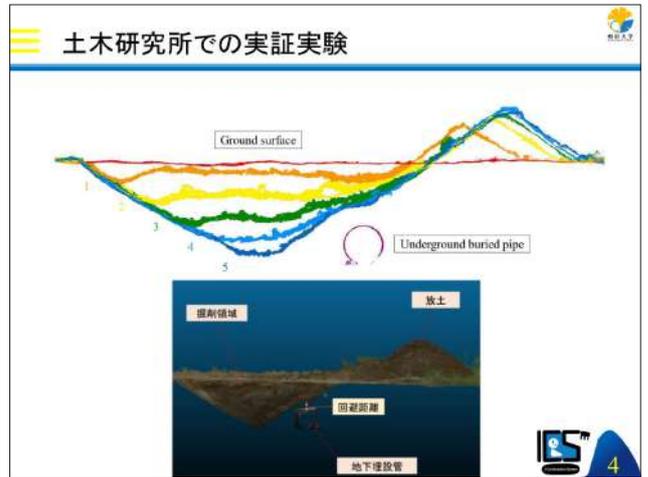


図 14

FA：ありがとうございます。Society 5.0の土木バージョンということでしょうか、もう具現化した話ですよ。ここから、佐々木さんに不確実性を含む地質リスクの話題を話して頂きます。宜しくお願いします。

佐々木：あまりDXに近い話ではないのですが、なるべくDXに絡ませて話をしたいと思います。「地質地盤リスクマネジメント×知恵のデジタル化」が、土木事業のDXになるのではないかと題です。

皆さん、地質情報というのはフィジカルな情報かと思っている人もいるかもしれませんが、全然そうではないと思います。ボーリングデータを記載した時点でも、実はややサイバーっぽくなっていますし、それを地質図に3次元化した時点では、もう99.何パーセントは事実と違う、サイバーなものになっているのではないかと認識しておかなければいけないということが、DXを進める上で地質関係では本当に、一番重要なところではないかと思っています。BIM/CIMのガイドラインの中でも地質データに関してはこういう注意書き的に書いてあります。不確実性があるので、その情報が分かるように書いてくださいとか、第3章では地盤モデルの不確実性というのは3次元図示技術がいかに進歩しようとも地質・土質調査手法の精度とか限界云々がありますと



佐々木 靖人 氏

というようなことを述べております。これは土研の私の下にいた、阿南さんがたぶん書いたのだと思いますが、こういうことを書いています。

地質地盤リスクの話は、きっかけとなった陥没の事故があったのですけれども、その地質地盤リスクの話がどれだけ重要かという話です。国交省の事業再評価の資料を整理して、事業費の増額に占める地質地盤関連のものを調べてみたところ、増額の金額のうち約40%が地質地盤関連だったということです(図15)。この金額は、本当かどうかは分からないけれども、国交省の一般会計支出の5%ぐらいになっているということで、地質地盤リスクというものをきちんとマネジメントすることは、これだけ生産性においても重要だということです。この下が、その関係の表です。道路事業における地質地盤に関する要因の増額が全体のうちの90%を占めていて、道路事業を改革することは非常に重要であることなど、いろいろなことが分かります。

### 地質・地盤リスクによる土木事業への影響

- ・平成26年から令和元年までの国土交通事業の事業再評価によると、**事業費の増額(=リスクの発現)は 8千3百億円/年。**
- ・このうち地質・地盤関連は**全増額の約40%の 3千億円/年。**
- ・これは**国土交通省の一般会計支出(6.75兆円/年)の約5%。**  
→生産性向上には地質・地盤リスクマネジメントが不可欠  
(事故、事業の遅延や中止などの様々な悪影響を防ぐ効果もある)

表1 事業再評価における増額とその理由 (出展: 植田・阿南・梶山, 2020, 2021(応用地質))

事業種別	増額(億円)	割合(%)	地質・地盤に関する要因の増額(億円)										合計	割合(%)	
			想定より悪い地質	盛土材の不良	軟弱地盤	斜面変動	重金属	想定より深い支持層	想定より深い地質	地下水	玉石等の出現	その他			
道路	35028.6	89.5	4379.5	3053	2648.2	2122.0	1720.5	1600.7	636.1	662	411.8	612	17846.4	90.3	50.8
河川	2062.9	4.1	89	0	0	0	91	0	0	0	0	0	180	0.9	8.7
ダム	2087	4.2	214	17.2	0	329.7	88	44	61.8	21.3	1	0	777	3.9	37.2
砂防	322.8	0.6	0	0	15	0	0	0	0	0	18	17	50	0.3	15.5
地すべり	248	0.5	95	0	0	124	0	0	0	0	0	0	219	1.1	88.3
海岸	190	0.4	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	26	0.1	13.7
港湾	9903.5	19.8	2	4	155.8	22.6	215	103.6	94	0	35	66.4	658.4	3.3	6.7
空港	0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	—
公園	280.5	0.5	0	0	8.2	0	0	0	0	0	0	0	8.2	0.04	3.1
その他	85.8	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
計	50089.1	100.0	4779.5	3074.2	2853.2	2598.9	2114.5	1748.3	751.9	683.3	465.8	695.4	17865.0	100.0	38.5

図 15

これは釈迦に説法ですが、地質地盤リスクの要因というのは自然的な要因や地理的な要因がありますが、工事費用の増額の金額を地質的な要因で内訳を調べてみますと、一番多いのは想定よりも悪い地質だと。トンネルなんかはそうなのですが、そ

れ以外にも盛り土の関係だとか、軟弱地盤だとか、斜面変動や重金属等々、非常に多岐にわたることがポイントです。だから、いろいろなところに注意を払っていかないと、地質地盤リスクは避けられないということです。

自然的な要因によるリスク、要するに地質が複雑だということで、そこで発生するリスクに関しては、私の土木研究所の大先輩の市川さんが、土木技術資料の中でテルツァーギの言葉を引用して、『建設の際に明らかになった真の状態、および完成した構造物の挙動と対比する機会が十分に与えられなければ、その予測は無に等しい。そうだとしたら、その技術者は真実を知ることがなく、フィクションの世界に生きていることになってしまう』というようなことを述べております。これはテルツァーギの言葉です。予測と実際の違いを検証することが非常に重要だということです。なぜそれを間違えてしまったのか。どうすれば間違わないかということを知識として積み重ねることで、技術を向上させる必要があるということです。これは一つの例ですが、ダムなんかで出くわす貯水池の地すべりの例です(図16)。グラフの横軸が、ボーリングをせずに地表面の地形からその地すべりの深さを推定したものです。地すべりの規模が分かればだいたい深さはこのくらいだろうという推定する式がありますので、式だけで推定したもの。縦軸がその後ボーリングして、実際の地すべりブロックの深さを調べた結果です。こちらが答えだということで、そうしますと机上の検討による推定と実際の地すべりの深さというのは、3割増し以上になる確率が10%程度以上ある。例えばここに道路を作ろうとして、地形のみから地すべりを推定すると、このくらいの確率で間違っているということを示しています。こういう

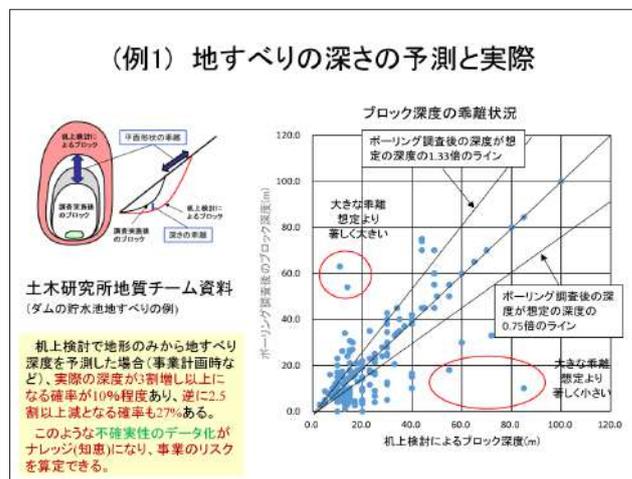


図 16

ことを私は「不確実性のデータ化」と言っております。要するにどのくらい振れ幅がありそうかということを知識にしておくことによって、事業を計画した段階でどのくらいお金が増える可能性があるかが分かるというようなことで、こういうものを知識化していかなければならないと思っております。

これはもう一つの例です(図17)。「ダム基礎の予測と実際」と書いてありますが、上の列は調査段階の地質の分布図、右側が岩級区分です。実際に掘削した結果が下の施工段階の実績ということで、結構合っているといえ合っているように見えるのですが、実際にきちんと重ねると、地質分布のほうは一致率50%と書いています。50%しか合っていないということです。この図面の中に小さい丸がたくさんありますが、それはボーリングの位置を示しています。これだけボーリングしていても50%しか当たらないということです。特に使うのはこの岩級区分のほうですけども、岩級区分の完全一致率は52%ということです。ただ、安全側一致率といって想定よりも岩盤状態が良かったものも含めて一致したとみなすと81%ということで、地質屋さんはある程度安全側に見てくれているので、実際に施工するときには何とかなっています。とはいえ、ところどころで例えば断層が出てくる、赤いところは断層とかなのですが、そういうものを間違ってしまうことがあります。こういうものを知識化していく。先ほどのデータの岩級区分を安全側一致率と完全一致率とでグラフ化してみますと、いろいろなダムでやってみた結果、予測しにくい地質があることが分かりました。付加体だとか、火山岩だとか、あるいは花崗岩なんかも岩級区分を予測しようとする、鍵になる地層がないものですから結構難しいのです。こういうことで、どういう地質だったらどのくらい不確実性があるのか、ではどう調査したらいいかということを知識化していかなければいけないということです。

次は人為的な要因の話です。地質リスク学会でリスク事例として何が原因なのかを整理したときに、20%ぐらいがやはり「地質が複雑だから分からなかった」というのが理由で、残り80%は「調査の質や量が不足していた」「解釈が誤っていた」とか、「情報共有や伝達の不備」だとか、要するに人為的な原因でリスクが発現してしまったことを表しています。人為的な原因でリスクが発現したのが8割ということは、逆に言えば人為的な要因をきちんと注意しておけば、8割のリスクは回避できる可能性があることが分かりました。では、こういうリスクを

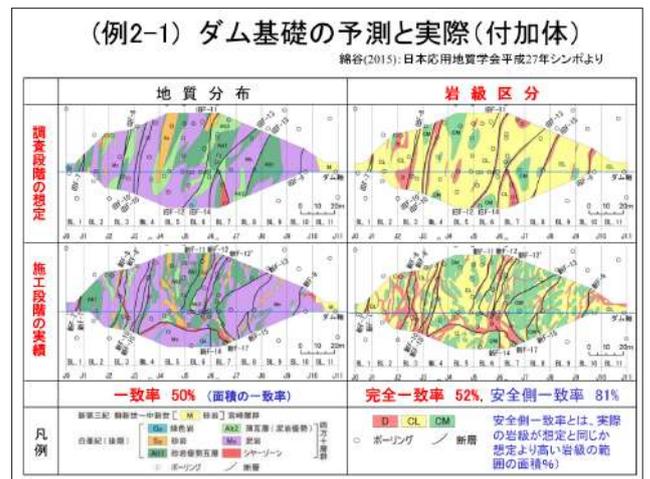


図17

減らすにはどうしたらいいのかということですが、また同じように市川さんの『土木技術資料』から引用しました。マルパッセダムの災害調査報告に触れて市川さんが言うのは、『それぞれの専門家が常識的に知っていることが他の分野の人には少しも常識ではないということで、その中間に介在してお互いの常識を融合させることが必要になってくる』ということです。要するに、一つの目的・対象のために、関係者がきちんと自分たちの知識を披露しながら意見を戦わせて、それぞれの常識から見て妥当な落としどころを見いださなければいけないということを言っていると思います。これはほとんどマネジメントということに等しいだろうと思っております。

やっとリスクマネジメントのガイドラインの話になります。博多の陥没事故を契機として、土木事業でもちゃんとリスクマネジメントをやらなければいけないということで、そのガイドラインを作らせていただきました。大西先生が委員長で、国土交通省と土研のほうで事務局をやったのがこのガイドラインです(図18)。

皆さんもうご存じだと思いますが、リスクマネジメントの流れのポイントとしてはONE-TEAMという言葉が副題にしています。要するに先ほど申し上げたように、きちんとみんなで議論しましょう、連携しましょうということが核となったようなガイドラインになっています。実はダム関係ではそういうリスクマネジメント体系というのは、結構きちんとやっているといえやっているのです。伝統的なやり方なのですが、例えば発注者、受注者、専門家がONE-TEAMで議論をきちんとやるとか、重層的にリスクをチェックする仕組みになっていたり、そういうチェックがないと次の事業段階に進まないとか、そういうものが今のリスクマネジメントに通じるのですが、ただ、判断のよりどころになる情報と

いうのは知恵というか知識、専門家の知見で判断しています。

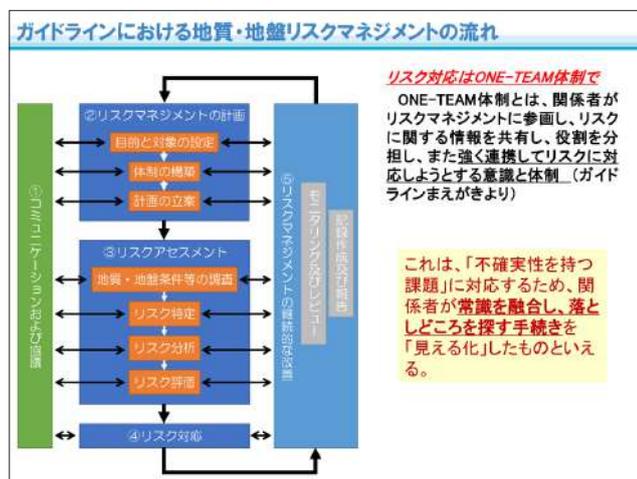


図 18

従いまして、ダムのような事業であれば可能なんだけれども、もっとたくさんの細かいいろいろな事業に対して、例えば道路事業とかで、小さな事業になるとやりにくくなるということで、そういうリスクに関するさまざまな知恵をデータ化、デジタル化して、事業マネジメントに援用できないかということがポイントの一つではないかと思うわけです。今、やり始めている段階ですが、先ほど事業の再評価の資料がありましたけれども、そういうものをデータベース化してリスクの分析に活用したり、どういったところにリスクがあるのかということを勉強したりするものに使おうかということで、データベース化しているところです(図 19)。



図 19

検索すると事業の再評価結果の該当箇所が表示されて、ここから教訓をすくい取っていくようなこともできるようにしようとしています。ただ、こういうものを一つの研究所だけでやるというのはあまり

大量のデータではないので、もっとたくさん教訓を進めていく必要があると考えています。特にここは全地連だから言いますが、知識技術者のリスクというのがあるだろうと。技術者が間違わないということは非常に大事だと考えていまして、例えばそういう方策を考えていかなければいけないよねと。例えば、リスクを見逃さない策として、地質・地盤リスク防止ガイドブック的なものを作らなければいけない。例えば、斜面・地すべり編みたいな形、あるいはダム編とか、いろいろあると思いますが、どんなところで間違いやすいかということをきちんと整理した上で、それを防ぐためにどうしたらいいかということを知識化していかなければいけないと個人的には考えていますし、リスクをちゃんと伝達する方法も必要だとも考えています。これは例えば地質調査業務の報告書の中には、こういうことをきちんと入れておくということを標準化しておかなければいけないのではないかと。例えばリスクの発生蓋然性とその根拠だとか、予見の不確実性とか、限界だとか、そういうものをちゃんと伝えられるように、業務の報告書の中に標準的に書いておかなければいけないということ。それで事業者に対して、あるいは設計、施工業者に対しても、こういうリスクがあるから、ここに対しては、対応しておかなければいけないけれども、確実に伝えていく方策が必要になってくるだろうと思っています。

こういうものを作る作業だとか、先ほどの、データをいろいろ集めて知識化していくというか、知恵のデジタル化というか、そういうことを今後していかなければいけないのですが、先ほど申し上げたように一つの研究所だけではなかなかできない話ですので、いろいろな現場からデータを集め、皆さんにも協力していただきながらデータを分析していくような、協議会的なものがどうしても必要ではないかと個人的には思っています。

なかなか遅々として進みませんが、そういう連携を、ここに大学が入っていないので申し訳ないのですが、たぶん大学とか学会とも連携しながらやっていかなければいけないと思いますけれども、きちんとしたガイドラインを作り、マネジメントの支援のツールだとか、知識のデータベースみたいなものを整備していくことで、こういうもののプラス、きちんとしたリスクマネジメントの体制も整えていけば、土木事業のDXというか、合理化とか生産性向上は図られるのではないかと考えているところです。

まとめは結構時間が経っていますので省略しますが、このように考えています。

**FA:** ありがとうございます。それでは、課題1、地質調査業におけるDXとはというテーマに入っていきます。ここからはディスカッションです。3名の方にお話ししていただいた中で、やはりデータプラットフォームの在り方をどうしていけばいいのかということがない限りは、サイバー空間とフィジカル空間の融合といっても将来陳腐化していくのではないかなという感じがします。それと、佐々木さんが言うように何もデータ化されていない。例えばボーリング一つとっても、上手なオペレーターと下手なオペレーターがいて、得られるデータが違うとか、例えばエラストメーターをやっても、うまい人がやると値が違う。非常に曖昧なリスク回避で見れば安全管理はこれに当たるかもしれませんが、幅のある情報を暗黙知として扱ってしまっている。この辺りから考え直さなければ、いくら箱を作っても難しいのではないかなと思っています。

佐々木さんどうでしょうか。例えばコア観察にしても、もっとデータ化できるものがあるのではないのでしょうか。

**佐々木:** ボーリング柱状図作成要領に沿ってボーリングデータをきちんと書いています。それ以外にもそこからさらに何を読み解くかということが結構難しく、ボーリング柱状図に記載はするのだけど、先ほどの私の話にまた寄せると、そこから今度は3次元的地質図に変換していかないといけないですね。その3次元的地質図に変換するときには、一体どういう情報、知識が必要なのかというのが、漠然としていて、どこにも書いていないということがあって、そこは地質技術者のテクニクだとか、知識、経験だと言っているのだけど、そこにきちんと切り込んでいかないと、より確からしい3次元データになっていかないということが前から気になっております。

もちろんそもそもどんなデータをとるべきか、という話もありますけれども、そのデータをどう解釈して確からしいデータにしていくかというのは悩ましいし、あまり誰も考えていないなというのはあります。

**FA:** そうですね。ただ、元になるデータを目的に沿ってしっかりと取る。これは地質調査業で出来ることでもあります。例えば人間の誤差を無くしてやる。オートにしてしまう。これは我々ができる第一歩かもしれませんし、ボーリング掘進時の情報をデータ化してやると。例えば送水量とか、送水圧とか、掘進速度とか、そういったものを手書きの日報ではな

くデータ化することもできますよね。そういったデータが集まってきて初めて基礎データがあって、そこから解釈があるということだと思うのです。ここからはハザードとリスクの話に進みたいと思います。見える化といっても、全部が見える化するのは難しいですし、きりがありませんよね。ダム調査でも先ほどの話と同じだと思いますが、いくらやっても真実には行き着かない。だけど、保全対象によっては、もっとざっくりとしたものでも安全が担保できる可能性がある。つまり、ものすごく幅があると思います。

全先生、AIを使って解析するデータの質の問題ですが、量子コンピュータなどを使ってこれから変わって行くのかもしれませんが、われわれに求められるものとは何でしょうか。

**全:** 今の話と重複する面が非常に多いのですが、実際使うにあたってどのぐらいの精度や性能が必要かということはAI技術者にはよく分かりません。むしろ現場でしっかりと地質調査をされている方、あるいは構造設計をされている方にしか分からない話ですので、一体どういった性能や精度が必要で、バラつき等を考慮したら良いかは、目指すべき達成点をしっかりする必要がありますよね。したがって、このデータだったら不足しているとか、このデータは十分足りているとか、そういった議論が必要になるのではないのでしょうか。その一方で、精度を上げるためには谷川さんがおっしゃるとおりで、できる限りデータがあればいいというのは当たり前なのですが、データの取得にあたって、人間の手が入ると必ずデータが汚れていきますので、何らかの自動でデータが収集されていく仕組みが、もちろんこれはコスト面を考える必要がありますが、将来的に仕事の枠組みそのものを変えたいというのであれば、必須なのだろうと思います。

**FA:** データ化を前提としたロボティック化というのでしょうか。完全なロボットではなくて、データ取得を自動化していくことは、我々が最初にやらなければいけないことなのかもしれませんね。それと、宝の持ち腐れという観点でいうと、地質調査をたくさんやっているのですが、使われていない情報がありますね。佐々木さん、踏査結果とかルートマップだとか、沢山の情報があるのですが、結局どこか報告書単位や事業単位で埋もれて、統合され、活用されていない。例えばルートマップだけでも全国で統合されたとしたら、良質の地質の情報になり得ると想像するのですが、いかがでしょうか。

佐々木：ボーリングデータに関しては、皆さんのご協力で土木研究所や国土情報センターで集めたり公開したりしているのですが、それ以外のいろいろな情報に関して統合というのは非常に労力的に大きいということがあったり、データが非常に粗というか、密集していないデータですから、他に使おうと思っても結局欲しいサイトにはないということで、使われていないと思います。しかし例えば私は道路の防災点検というのに関わってみると、点検するときこのルートで点検するという情報は情報としてはたぶん1回ごとにはデータとしてあるのでしょうけれども使われていない。点検毎に点検ルートやそこにある情報を毎回重ね合わせていくことによってそのサイトの情報を増やす「蓄積型の点検」はあまりやっていないですよ。だから、できればメンテナンスなどで何回も点検するような場所では、地質調査の結果だとか、露頭の観察結果だとか、ルートマップも含めて、データをきちんと蓄積していくことで、何年あるいは十何年か経ったら、そのサイトの情報が非常に増えていくようなことはきちんとやる必要があると思います。いろいろなアクティビティの結果は、デジタル化して、3次元的なデータとして取っておく必要があると思います。それは組織的にやっていく必要があると思います。

FA：そういう意味ではオープンイノベーションが必要といたしましょうか、一企業だけでデータを抱えていては駄目だといいたしましょうか。PX（ポートフォリオ・トランスフォーメーション）といいたしましょうか、やはりいろいろな企業が持ち寄ったデータを目的をもって使う。だから何かできるという、全地連のような業界全体の組織的取組みが必要ですね。全地連がデータを集めて、ある価値のところまで高めてやれば、これは大きな価値に変わるのだということがベースになれば、業界全体のDX化の機運に変わるように思います。一方で、将来、データプラットフォームと言われたとき、全然使えない、全然変換できない、という世界に陥るのではないかと、漠然とした危機感があるのですが、小松さんどうですか。

小松：情報化は、これまで集めていたデータをどうやって効率的に使うかということもありますが、これまで使っていなかった情報、特に経験工学的な部分、嗅覚のようなところで察知していたものが、実はデータから読み取れる可能性があるのではないかと、今まで現場でしか分からないと思っていたものが、そこにデータを載せることでさらに気付けることがあるのではないかと、次のステップ



小松 慎二 氏

と考えます。情報は物理量のような普遍的なものや人の解釈が入ったデータがありますが、それに加えてさらにこれまで見ていなかったデータ、例えば先ほどの道路防災点検で言えば、植生の変化など、これまで何となく感覚的には分かっていたけれどもデータ化されていなかったものが情報として加わり、それらが融合すると次の世界につながるのではないかと考えます。

FA：なかなか表現が難しいですが、データ化による解釈の仕方とか作り方とか、全地連でやれること、やるべきことはたくさんあるのに、そもそもやっていないなという思いがあります。ですから、DXから、PXに移行し2つのSX（サステナビリティ・トランスフォーメーション、サプライチェーン・トランスフォーメーション）を目指していく流れがあると認識しているならば、全地連はやるべきこと、やることができることが沢山あるということですね。

大西：その前に谷川さんよろしいでしょうか。大西です。

FA：大西先生どうぞ。

大西：これまで3人の方が発表されて、小松さんも少しコメントされましたけれども、DXのポイントはデータの流れだと思うです。i-Constructionもそうですが、地質調査データから始まって維持管理まで、伝えたいことを含んだデータが正確に伝達されていくことが必要なのですが、課題になっているのは、地質調査データや関連データが計画・設計する人に意図するとおりに伝わっているのか、あるいは設計から逆にフィードバックされているのかという点の詰めがまだ不十分ではないかと思うのです。やはり設計との調整をいろいろな形で事前にしておくべきではないでしょうか。その昔、路線図を見て



何でこんな地質の悪いところばかりに橋脚を立てるんだらうとか、こんなに地質が悪いところにトンネルを掘るんだらうという話が随分あったと思いますが、事前に地質担当者と相談してほしいのという思いがあると思います。具体的にDXを推進するために、意思疎通がしっかりできるようにデジタル化を含め必要なデータの内容と質について、発注者を交えて地質と設計それぞれの人達の意見交換をもっとしっかり事前にやるべきではないかというのが私の意見です。

FA：では、この流れで大西先生にDX時代のi-Constructionとしての地質調査業の取り組みということでご紹介をお願いします。

大西：地質調査技術そのものの情報化というのは、何をどのように変えていくのかがなかなか難しく見えてきません。技術でいかにデータを取るのかということに置き換えますと、調査技術そのものが近年革新化されておらず、いろいろなデジタル化とか自動化を反映していないのが現状です。職人芸のような難しいところがたくさんあるし、いまさらどこを変えればいいのかわからないからとみんな言い訳していて、技術革新に取り組んでいないというのが問題だと思います。地質調査には、まず踏査があります。それからボーリング、物理探査などに移っていくわけですが、これらの手法をデジタル化という観点から見ると、何十年の間ほとんど変わっていないのではないのでしょうか。先ほどボーリング機械のロボット化とか、自動化という話がありましたけれども、具体的にはなかなか難しいと言われてます。現時点では実用化のめどは立っていないということなので、これを革新的に進めるための第一歩は、今やられているボーリングデータの取り方を完全にデジタル化する方向に向かないといけないのではな

いかと思います。いまでも現場では人がデータを紙ベースで取っているようですが、これからは教育とかトレーニングを行い、どうやったらデータがデジタル化されて取れていくかということをお納得してもらい、良いデータを残すようにすべきでしょう。もう一つは、ある場所でボーリングデータがあるのはわかっている、しかし、他の異種のデータ、例えばこの場所での物理探査データを組み合わせると地盤の中を見ているかということ、そういうことはほとんどされていないので、複合データの解釈技能が求められます。その上でこれらが集積されて、ビッグデータ化した情報を使ったAI解析の適用ということもまだほとんどされていません。先ほど、全先生がおっしゃいましたが、その辺りをうまく整理し、データを取得・蓄積・活用するというのがこれからの課題ではないかと思えます。ボーリングデータをこれ以外の手法で得られたもの、すなわち先ほどの地中物理探査データなどと、どのように組み合わせると成果を出すかということをお標準化して示すことも大きなポイントではないでしょうか。また、そのように組み合わせられたデータをいかに3次元化するかということも、大きな課題ではないかと思えます。

そこで、3次元地質データの取り扱いについて全地連で参考になる文献を調べてみたら、こういうレポートが三つ出てきました(図20に表示)。以前から3次元地質・土質モデルを作るためにはどうしたらいいかということをおずっと検討されてきたわけですが、最近出された令和4年のガイドブックは非常にうまく説明がされていて、概略的に、地質・土質分野の3次元BIM/CIMモデルはこうやって考えたらいいですよというのが書いてあります。

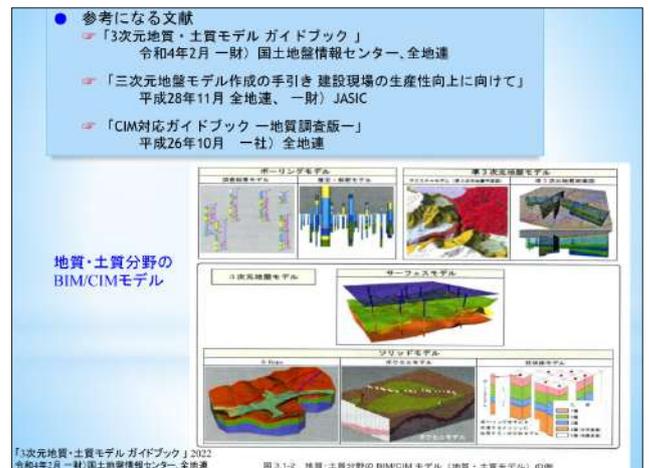


図20

しかし、これを作ろうとすると相当な技量が必要ではないかと思われれます。例えば、地盤モデル構築の例にとって考えて見ましょう。地表から探査ある

いは踏査をすとしても、図 21 の複雑度 2 の 2 層モデルの状態では上だけ歩いていても地中の状態が全く分かりません。

しかし、3 層モデルだと地層が②と③のところに分かれて地表に出ているから、これは分かっているだろうということが発見できるのですが、下層の①のところは分かりません。さらに 7 層モデルのようなものなんて、地表を歩いただけでは分からない。どうしても地下を探るボーリングが必要でしょう。ではどれぐらいの数のボーリングが必要かというのは、必要度、予算、精度が絡み合い、定量的に判断することは非常に難しいといえます。

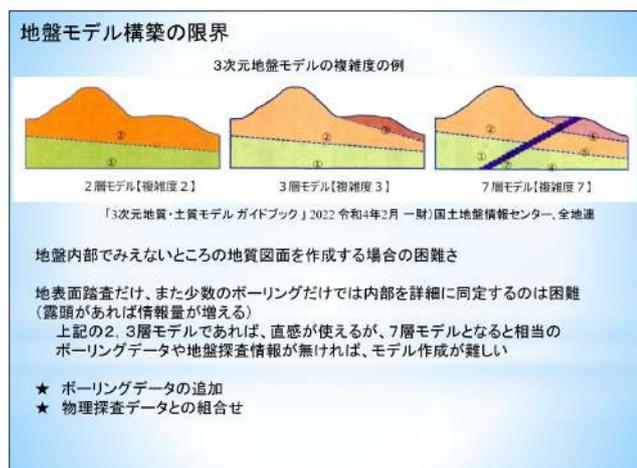


図 21

結果的にやはり地質専門家の非常に高度なノウハウ、いわゆる暗黙知みたいなものが必要なので、これをいかに今後顕在化して蓄積していくかが重要というのは佐々木さんも指摘されておりましたが、こういうことも含めて調査の手法とデータの取り方の組み合わせを考えていくべきではないかと思っています。

3次元モデルを作成するために調査技術をどう生かすかということですが、まず地質図は平面図として全国で出来上がっています。しかし、ボーリングに関しては国土地盤情報センターに集積されつつありますし、土木研究所でもいろいろ努力されていますが、そのなかには柱状図、地下水分布図、あるいは標準貫入試験結果等が組み合わせられているのですが、これをどうつないで3次元地質図に展開していくかというのはこれからの課題であり、特に建設工事に適用するためには構造物の基礎に対応する部分ですので、割とピンポイントの3次元地盤情報がないと役に立たないです。この部分をいかに設計や施工の人たちとの情報交換で改良していくかというのは今後の大きな課題で、ほとんどされていないのが現実だと思います。やっとな国土交省では三者会議が

行われ、こうした情報交換が実務で対応されるようになってきました。ボーリングで得られた少ないデータをいかに利用するかということで、内挿とか外挿がされていますけれども、それが本当にどう使われているかといった検証がされてデータベースへの反映はされるといったことはなされていません。今は2次元図面から3次元図面の転換期で、2次元では2点間を基本直線で結んでいるのですが、3次元では平面は3点から作られることを勘案すると、4点以上になるとどうやってカバーするのかという標準的な解はまだ示されていません。こうしたことをいかに具現化していくか、3次元モデルの形に持って行くかというのが今後の課題になるかと思っています。

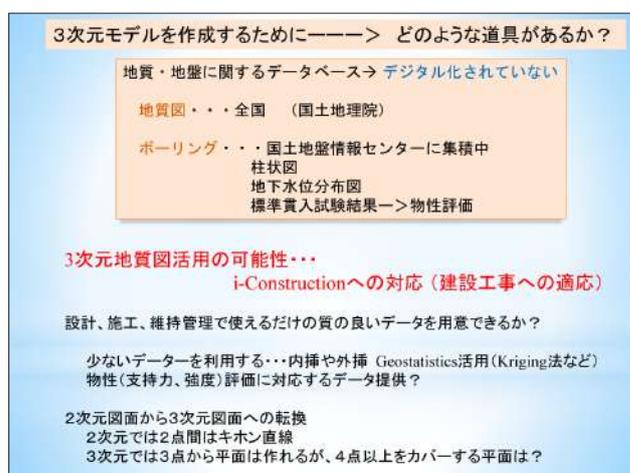


図 22

最後に、ではどうするかということを考えると、地質リスクマネジメントにおける課題と同じと思われるのですが、基本的にボーリング数が不足していると指摘できます。図 22 に示すこの事例はガイドブックから持ってきたものですが、様々な形で地質情報を増やす必要があることが見て取れます。特にボーリングの数を増やして、データを蓄積しないと、不可視空間である地下の情報の抜けているところを正しく推測することは難しいと考えます。

図 23 の一番下に、これだけのギャップがあることが後で分かり大変でしたということを経験して示しているのですが、私は、今のボーリング間隔の間にもう 1 本増やすというぐらいの気持ちで、地質調査の仕事を出してくださいよということを申し上げています。これは地質リスクの精度向上にも影響するし、地質リスクによる不安感を払拭する意味もあるでしょう。ボーリング数を増やすことは、情報の確度を上げ、いろいろな面で効果的ですよということも言っています。何度も言いますが、技術の進歩とともにデータの集積をいかに組み合わせるかというのが、今後の課題ではないかとい

うことで、しっかりとした方向性を出せるような話にはなっていないのですが、私の考えたことを以上述べさせていただきます。皆さまのご意見をお伺いしたいと思います。

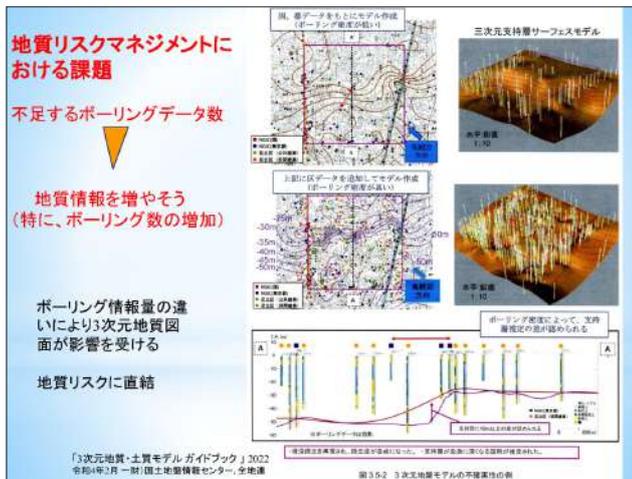


図 23

FA:ありがとうございます。先生のご指摘のように、我々はたくさんの暗黙知を持っていて、それがちゃんとしたデータ化をされていませんし、設計にも生かされていない。それは事実です。一方で、暗黙知だからこそ仕事を取れている面があります。例えば、ボーリングオペレーターは、暗黙知でもって技術を保持していますから、Aさんという人に仕事を発注する。我々の受注行為も似た構造にあると思います。

しかし、暗黙知によって技術的差異を持つ枠組みに縛られてしまうと、どうしても得られる情報に差異が生じる。これが次の課題です。どうしたらそれを突破できるのかですけれども、一つは暗黙知をデータ化することです。頭の中の知識をAI化してやるといいでしょうか、何の文献で何を調べて、どうして2点間をこういう曲線を引くのかというところまで行き着く。あるいは、ある学術的な文献でもって、その文献の地質構造的な考え方にに基づき、曲線の形状について上に凸か下に凸の根拠にする。物理探査結果をこれに加味すれば従来の暗黙知と物理的結果を根拠とすることができるなど、そういった具体的な実作業が迫ってしまっていると思います。この暗黙知に関するデータ化について、佐々木さんどうお思いですか。

佐々木:先ほど申し上げたように、なかなか一人でそれをデータ化するというのが簡単ではないだろうと。例えば先ほどダム基礎掘削断面図がありましたね。地質図を描くときに、推定で書いたときと、実際に掘って見たときでこう違っていましたというの

は一つの知識なんですね。なぜそんなふう間違ってしまったのだろう、その断層を見逃してしまったのだろうというのは理由があるんです。それを明らかにすると暗黙知から実際に見える形式知になっていくので、そういう知識をみんなで組織的にきちんと貯めていって、分類、整理するという作業が本当は必要です。

そういうこともあって、いろいろ土研でもデータ化を図ろうとはしているのですが、非常に多岐にわたっています。例えばダム事業だとか、ダム事業の中でもこれこれの場合だとか、そういうふうに非常に細分化されてきますので、私が申し上げたように一組織で全然できることではないと思っています。将来的にリスクマネジメントをきちんとデジタルでやっていこうとするなら、それを組織連携で貯めていって「形式知・知識化」していくという作業がどうしても必要になるということです。しかしながら簡単ではないということで、そこをどうしようかというのはなかなか答えの出ない問題ですし、それをデジタルでどうやっていくのかということもなかなか難しい。

今、最低限できることとして考えているのは、何か事業をやるときに、こういう地質の現場で、トンネルの事業ということであれば、チェックすべきリスクの項目というのは最低限これだけあるというチェックリスト化することです。それに対してあとはマニュアルで、1個、1個アナログでチェックするもよしですけれども、少なくともきちんと過去の教訓から、ここの地質でこういうトンネル事業で、このくらいの地質・岩盤のトンネルだったら、こういうリスクがありますよというのは、リスト化するくらいのサポートはデジタルでやれるようになってほしいと思っています。

FA:なるほど。やはり予測と検証。これがないと賢くならないといいましょうか、真実に近づいて行かないということですよ。ダムのような非常に地質の情報量の多いものあれば、地すべりや崩壊などの保全のみに着目した地形・地質情報もある。一部、文献やマニュアルになっていますが、経験知や暗黙知で留まっているものも少なくない。ここを突破しないとやはりオープンイノベーションというか、共存共栄の世界にはなかなかいかないだろうと思います。私はその受け皿が全地連なのではないか。共存共栄の部分がなければ、業界全体が成長できるベネフィットが得られるような世界にはいかないのではないかと思います。

大西先生も指摘されていましたがけれども、いろい

るある情報を使い切っていないという指摘についてです。例えば室内試験のコンパイルしたものが3次元の日本地図の中に落とされたり、深度で表示されたりするだけでも有効に活用できると思います。小松さん、実務をやっている立場からどう考えますか。

**小松：**大西先生からボーリングの数を増やすべきというお話をいただきましたが、まさにそこが質の面でも重要だと思います。ただし、ボーリングの数を増やすには時間がかかりますし、ボーリング調査の質をどうやって高めていくかは実務者任せになっています。この点については、情報を活用する仕組みができてしまえば一気に進むのではと思います。例えば、今集めている情報の範囲を、マンションなどの民間建設で実施したボーリングのデータまで含め、無償で集められなければ購入するというようなことで強化していくこともできますし、ボーリングの情報だけではなく、物理探査のように確立された調査手法で得られる物性値を収集してデータが整ってくれば、使うほうとしてはより実務で活用する動きになるのではと考えます。

**FA：**懐宝迷邦といいましょうか、そういった部分の財産の活用は大いに期待ができますね。では、これから調査の質の話です。重信さん、ボーリングの自動化、あるいはエラストやLLTなどの自動化測定が既に具現化されていますが、少しでも差異のないデータを増やしていくためにも、全地連としてやはり自動化は進めていかなければいけないのではないかと思います。一方で、自動化していけばいくほど、ベテランの技能の高い技術者の仕事を阻害する側面があると感じる方もおられると想像します。つまり、過渡期のバランスの中にいると思うのですが、全地連としての自動化に向けた進め方というのはどのようにお考えでしょうか。

**重信：**なかなか難しいのですが、今だんだんボーリ



重信 純氏

ングする方などの年齢層が上がっているということで、基本的には若い技術者を育成しなければいけないという観点が前提にあります。そういう意味では、今の若い人というのはなかなか現場経験が少ないということで、先ほど佐々木さんのお話にもありましたが、やはり地質技術者の技量がないと間違った地質リスクの方向になるということもあります。そういう意味で、誰がやっても同じようなデータが得られるというような方向性を持つためには、ボーリングもいろいろなノウハウを、例えば送水量とか掘進速度とかのデータを吸い取って、それをAI化するなりしてデータ化して、どんなオペレーターでもある程度標準的なもの、コアは取れるとか、例えばエラストとかLLTでもそうですが、誰がやっても同じようなデータが得られるとか、そういうふうに標準化できるような形でやっていかないと、なかなかこれから若い人、いわゆる担い手不足についてはできないかなと思っていて、全地連としても委員会を作ってそういう方向で進めている最中です。

**FA：**なるほど、魅力のある業界。先ほど冒頭で言いましたけれども、生産人口が減っていく中で、若い方が地質調査業界に入ってもらえるように、魅力のある業界にしなければいけないという側面は大変に大きいですね。現場で泥まみれになって、帰って残業するような世界は絶対にやってはいけない。そうすると、やはり自動化はどうしても避けられないところですね。一方で経験知が減っていく。その経験知をデータで補っていくようなことが、地質調査業のDXを具現化していく中での一つの潮流なのかなと思います。

全先生の解析側から見ると、このような状況にある地質調査業がDXの具現化を可能にするポイントのようなことだとお考えでしょうか。

**全：**土木業界全体が遅れているかもしれないとは思いますが、ボーリングデータがこれだけそろっているというのは、その中ではむしろ進んでいるほうだと思います。最初のほうで谷川様、あるいは大西先生がおっしゃったように、やはりデータの質や量を確保することが大事です。また、確実にデータを保存、整理していくことも重要です。そのためにはおそらくデータ取得から記録、保存するまでのプロセスに人手が絡まないような仕組みである必要があります。このようにデータの質や量が確保され、そして使いやすくなれば、データを使おうという機運が初めて湧いてくるのだらうと思うのです。

経験知を例えばAIにするというのも、簡単な話

でもなくて、まずはデータを揃えるところからスタートし、そして専門家が試行錯誤、創意工夫してデータを扱えば良いものができあがるのが期待できます。そういった創意工夫ができるというところにおそらく若者が興味を持つような世界があると思うのです。しかし繰り返しですが、データの質や量が確保されていることがそのために重要です。例えばボーリングのデータを取るとき、経験則のみに依存する「秘伝」のデータの取り方みたいなものがあると、基本的にデータの質や量が揃うことが期待できません。また、ボーリングをまともにするには長期間の修行が必要だと言われると、寿司の修行ではないですけども、若者は二の足を踏んでしまうのではないのでしょうか。

**FA:** それがこれまでの我々の業界なんです。

**全:** 土木はこういった経験も大事なので、不要とは言わないですが、もしその中で技術開発を通して解決できる部分があるとしたら、そこは無理に経験させる必要はありません。土木工学、地盤工学の本質をつかむために必要な経験をしながら、創意工夫を生かせる人材を育成することが重要なのだらうと思います。

**大西:** ボーリングの自動化において、先ほどから「経験知」というのが言われていますけれども「経験知」って何なのでしょう。

**FA:** 経験知とは察する力です。感じ取る力。僕は自動化というかデータ化している立場から言わせてもらうと、ボーリングコアをきれいに取るということはそれほど複雑ではありません。例えば水が逃げているとか、掘進速度が変わるだとか、トルクがかかっているだとかということを、別の何かの因子で感じ取っているのです。それが感じ取れる人は次の操作に移れて、感じ取れない人はそれを見逃してしまう。だから取れたり取れなかったりする。それをデータ化してやると、実は若い人でもコア採取が向上する。

**大西:** そういう具体的な項目を選び出すことも、一つの大きなポイントではないですか。

**FA:** そうですね。要素は五つしかありませんので、それほど難しい話ではありません。

**大西:** だから、下手な人のデータと、上手い人のデー

タを比較して、ここが違うということを示すことができればいいのですが。例えばトンネルの場合、今は先行ボーリングや削孔ドリルを施工する時（たとえばコンピュータジャンボ）には、ビットの摩耗とか、回転数とか、抵抗力とか、あらゆるデータを記録して残しています。通常のボーリングでも、そういうものを残せるようなシステムを作るとか、それで上手い、下手の判定をしていくとか、そういう努力をしないと、技術革新は望めないのではないかと思います。

**FA:** それは本当にやるべきだと思いますし、実際にできることでもあります。制御機を使えば先端荷重を維持することもできます。しかし、その話をボーリングオペレーターにすると「何で俺の技術をおまえに教えないといけないんだ」と。「いやいや、業界全体の向上の話です」と言う、「そんなものは知らない」というのが現実です。だから、そこを突破しなければと思います。

**大西:** その中で少しでも協力してくれる人たちを増やして行って記録を残していくということをしていないと、なかなか前に進めないのではないかと思います。

**FA:** そのとおりだと思います。

次に官の立場で安全の話ですが。早川さん、地質調査業の中で、ボーリングもそうですけれども、いろいろなところで不安全行動が事故につながるがあります。事故が生じる度に新たなルールを作ってそれを改善しようとしているのです。例えば行動をデジタル化し、画像でその不安全行動を予知してリアルタイムに「今、不安全行動だよ」と知らせるくらいの取り組みでも事故率を低下することが可能だと思うのですが、建設業の中ではそのような取り組みは進んでいるのでしょうか。

**早川:** 建設現場では人の動きと重機の動きのモニタリングが進んでおりまして、例えば人が後ろを通ったら重機のオペレーターさんのところへアラートが出るとか、あとはバーチャルバリアと言って、高圧線などの架空線があるときにはそれ以上行かないように少しバッファを取った位置にバーチャルなバリアを設定し、重機のアームが上に行かないように制御するとか、建設現場の安全管理の分野で進んでいる実態があります。

**FA:** ある現場に行ったら管理する人の数の多さに驚いたことがあります。管理する人がいないと働け

ないという構図になっている。それは人間ではなくてもできるなどいつも思いながら仕事をしていました。i-Construction の部分だと思えます。

地質調査業にも同じことが言えると感じています。同様の不安全行動による事故は行動に規則性があることは明白で、これを情報として処理し、アラートにより回避につなげる。この程度のことに取り組んでいない業界に魅力を感じるのか、繰り返しますけれども、この業界に若い有能な方を導く、先進的な技術を取り入れることが必要なのだと思えます。

それでは、最後のセッションです。議題3として、DX時代の地質調査業の情報化とはということ、小松さんお願いします。

小松：DX時代の地質調査業の情報化ということでお話をいただきましたが、ターゲットの範囲が広いので、最近身近なところでDXが進んだなと思うところに着目して考えてみました。それは道路防災点検の分野です。ご存じのとおり今年3月に道路防災点検の手引きが改訂されて、その副題として「DX時代に向けたチャレンジ」が付きました。特に航空レーザ測量、3次元点群についての取り組みが27ページあたりその効果や留意点が示されており、巻頭言で佐々木さんが積極的な活用について述べられています。一方、レーザープロファイルの活用については、平成18年の手引きにも紹介されていた技術です。近年の敷地外からの災害の増加など必要に迫られた面もあると思えますが、この技術がようやく実務レベルで活用されるようになり、国土交通省の業務では非常に積極的に取り組まれているところ、です。

### 道路防災点検とDX

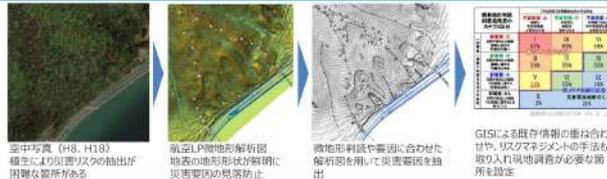
- ・令和4年3月に「道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪）」が改定され、副題として「DX時代に向けたチャレンジ」が追加された。
- ・なかでも「航空レーザ測量」は、27ページにわたりその効果や留意点、事例が示されており、積極的な活用が提案されている。
- ・レーザープロファイルの活用は、平成18年の点検要領改訂に伴い刊行された「道路防災点検の手引き（平成19年9月）」でも紹介されていた技術であり、3次元点群情報の整備に伴い、実務レベルでTransformationが進行している技術の一つと言える。
- ・道路防災点検におけるDXの現状と課題を踏まえて、Society5.0への道筋としての地質調査業の情報化について考える。



図 24

その内容を簡単に整理してみました。図 25 の左側の航空写真が平成 8 年、18 年でスクリーニングに主に使っていたものです。航空レーザ測量を使うと植生の下の地形が見えるようになります。これで何が起こったかという、これまで気付かなかった危険箇所がたくさん抽出されました。これにより、

### 三次元点群データを活用した災害危険箇所の抽出



GISによる既存情報の重ね合わせや、GISマシンの手法も取り入れ現地調査が必要な箇所を特定

- ・三次元点群データを活用してさまざまな解析図を作成することにより、これまで想定していなかった箇所などで多くの危険箇所候補を抽出することが可能に。
- ・既存資料（既存防災点検情報、災害履歴、土砂災害計画区域データや地質図）をGIS上で重ね合わせて解析することにより、スクリーニング精度が向上。
- ・一方で、安定度の評価には、現地確認が必要な事例も多く、膨大な数の現地安定度が必要と判断され、人手不足、予算不足が生じている。

図 25

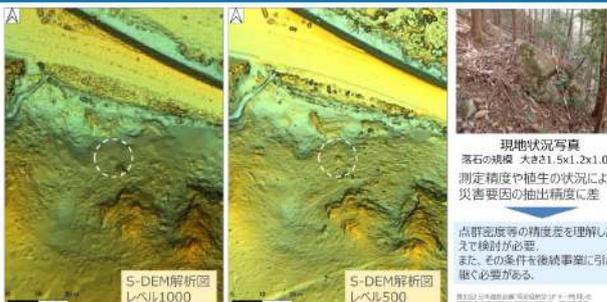
点検要領に沿った対応必要箇所は、今後相当増えるのではないかとされています。

そこで、これらの危険箇所に対してGIS等を用いて、さまざまな情報を重ねあわせて、どこから手を付けるかという優先度を設定しているところ、です。人が不足するのでDXを進めようとしているのですが、膨大な数の現地調査が必要となり、人も予算も不足しているのが現状です。

もう一つの課題として、情報の品質と書きましたが、精度の差の問題で、それによる災害要因の見逃しリスクが出てきたことです。下図は両方同じ場所の航空レーザ測量の解結果図です。両者は地図情報レベルが違います。つまり地表に届いているレーザーの点密度が違います。地図情報レベル1,000で判読したケースでは、地図情報レベル500で判読できる転石を読み取ることができませんでした。現地を知っている人が見れば、ちょっとした突起があることに気づくのですが、その時点では読み取ることができませんでした。

このような形で、航空レーザ測量のデータを使っても点群密度の差によっては、災害要因を見逃してしまうというリスクを含んでいます。さらに、どのような精度の情報を使って判読したかということは、今は引き継ぐ仕組みがないのです。

### 情報品質の差による災害要因の見逃しリスクについて



現地状況写真  
転石の規模 最大1.5x1.2x1.0m  
測定精度や植生の状況により災害要因の抽出精度に差

点群密度等の精度差を理解したうえで検討が必要。また、その条件を後続事業に引き継ぐ必要がある。

図 26

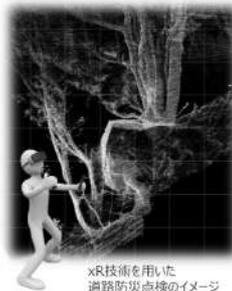
この辺を含めて、今後地質技術者がどのような役割

を担っていくかというところを少し考えてみました(図 27)。まず、地形の情報です。これはおそらくどんどん高精度化していくと思います。ドローンを使ったり、MMS、ハンドヘルドのレーザ測量など、精度向上の未来予想は簡単に想像できます。さらにその点群の差分解析や、衛星画像解析などで変位がありそうなどが見えてきます。モニタリング技術も進むと思います。

現在、それらの地形判読の AI 化などを各社で取り組んでいるところなのですが、一方で、結局これは地表だけのデータを見ているので、地下の情報、地質や地下水、そして構造物、さらに気象条件や植生、生物活動の状況というような複合的に災害に関わる情報の分析は、地質技術者の役割としてまだまだ残るものと考えます。最終的には事業者の方と、社会環境の変化も踏まえて診断というか、判断をしていくところが、地質技術者の仕事になっていくのではないかと考えます。

**防災点検の未来予想と地質技術者の役割**

- ・ LP計測機器の高精度化、UAV-LP、MMS、HHLPの組み合わせによる地表面再現精度の向上し、それに伴う災害要因の抽出精度が向上(見逃し防止)。
- ・ 三次元点群の定期取得による差分解析や衛星画像解析により地表面変位を推定可能に(要監視箇所の絞り込み)。
- ・ モニタリング技術の変革による予防保全の確立。
- ・ 蓄積したデータを用いたAI解析による効率化の実現。
- ・ 一方で、実際の災害は、地質、地下水、構造物の状況に加えて気象条件や植生、生物活動など多様な地域特性が複雑に関わるため、専門知識や経験を有する地質技術者の役割は残る(社会環境やその変化も踏まえた診断)。



XR技術を用いた  
道路防災点検のイメージ

図 27

最後に、今回のテーマのひとつの Society 5.0 についてです。まず、これまでも議論がありました。オープンデータ化についてです。これまで議論がありましたが、まだまだ情報化できそうなものが多いそうだとことです。

Society 5.0 の世界は、ビッグデータを AI が解析して、必要なときに必要な情報を入手できる世界です。自分たちでデータを探さなくてもいいという時代です。さらに、何か気になる場所があれば、ロボティック化によってどこにいても判断、決断ができるという時代になってくると思います。そこに行くつくためには、これまでお話が出ているように、経験工学に基づいて判断してきたものを、理論値に基づく解析や判断ができる体質に変える必要があると思います。われわれも変わっていかねばいけません。そうなってくると、情報化すべきものや情報化の方法、そしてそれぞれの情報をどう組み合わせるかということがこれからの課題であり、それを全地

連としてどこから手を付けるかということが一番重要になるのではないのでしょうか。

FA: ありがとうございます。今お話をいただいた中で二つの大きなテーマがありました。一つはデータの質です。例えば点群データ一つとっても、点群が密なのか疎なのかによって見えるものが違ってくる。何を見ようとしているかによってそれを変えなければいけないのに、それを一律で見てしまったときに見落としがある、あるいは過剰に見つけてしまうことがあるだろうと思います。それともう一つは、効率化や高度化などによる新しい価値の必要性です。評価も AI 化すると、画期的な時間短縮が可能となり、技術開発が時間として清算され、価値が低下するという漠然とした不安です。

小松さん、どうでしょうか。これから地質調査業というものが DX に向かっていく中で、どういう位置付けにいれば、新しい未来の素晴らしい業界に変わっていくのでしょうか。

小松: やはり経験工学的な部分が、ある意味、地質技術として不確実な部分も含んでいると思いますので、まずはしっかりと見える化することが大事だと思います。見える化していくと、仕事なくなるのではないかというお話もありますが、そこには事業全体の流れや、効果といったところも含めた判断や決断みたいなものが必要になってきますので、そういったところを我々は目指すべきだと思います。

FA: 佐々木さん、ハザードとリスクの話なのですが、ハザードを洗い出すのであれば様々な地質的な問題全部透けて見ればいいですね。だけど、何か構造物を造ろうとしたときに、断層は問題ではないとしたら断層は知らなくてもいい。つまり、目的に合った地質リスクだけが分かればいい。そう考えていくと、何をみつけばいいのかという指南は、地質技術者ができるのではないかなと想像するのですが、どう思いますか。

佐々木: どんな事業も、例えばダムを造るとか、道路の防災点検をすとか目的がありますよね。例えば先ほどの LP のデータで言えば、落石を発見して点検をきちんとやりたい。そういう目的の場合には、その目的に応じた内容と精度の調査が当然求められます。だから、私はその目的に応じた内容と精度があればいいと思います。私は「地盤の要求性能」とか、あるいは「必要性能」と言っているのですが、何かをやろうとしたときに、地盤にもその調査にも

必要な性能が求められると考えていまして、たとえば落石の調査のためだったら、その落石が見えるような密度や精度での調査というのが必要になってくるし、地すべりの調査だったら、その地すべりの滑落崖だとか、そういうものがきちんと識別できるぐらいの精度の3次元データが必要になってくる。では、どのぐらいの落差の滑落崖を見つけられるようにならなければいけないとか、そういう必要な精度というのは、地質屋の知見できちんと決めていく必要があると思うのです。

例えば、深層崩壊というのがありますね。深層崩壊は流行り言葉みたいになったのですが、昔は、深層崩壊はあらかじめ分からないという話だったけれども、千木良先生によって深層崩壊もきちんとしたLPデータを見れば分かりますよ、という話になった。過去に分からなかったのは、実は滑落崖がほんやりしていたのではなくて、滑落崖の大きさが小さかったからなのです。10メートルも滑落崖があれば、空中写真判読でも分かるけれども、滑落崖が50センチだとか1メートルしかなければ、通常空中写真では分からない。だけど、航空レーザーだったら明瞭な滑落崖が見えるようになってきた。その精度を航空レーザーが持っているからこそ、みんな使えるようになってきたのだと思います。実はよくよく航空レーザーで見ると、深層崩壊が起こる箇所の滑落崖は全然不明瞭ではなくて、結構明瞭だったりする。ただ、その段差の規模が小さいだけだったというようなこともあるわけです。だから、何をどのぐらいの精度で求めるべきかというのをきちんと地質技術者が認識していれば、その精度での調査をすればいいということになると思います。

**FA:** 精度が上がっていけば課題が見えて、それを解決していく。その繰り返しですね。だから、今分かることが全部自動化されても、次の課題が出現する。DXというテーマに対して、地質調査業としてどう取り組んでいかなければいけないかという課題は山積していると思っています。また目測を誤ると無駄な時間を費やすことでしょう。10年後、20年後、50年後のゴールを見据えながらデータを蓄積していかなければなりません。また、我々はDXに関わると沢山のデータの資産があります。ただこれが有効に使われていない。個々はすごく能力が高いはずなのに、それがデータ化されていないがために個々の能力に留まっている。これを紐解くだけでもDXに向け大きく舵を切ることになると思います。

それでは、三つの議題についてこれで終了させていただきます。次に「地質調査業におけるDXの展



田中 誠氏

望」ということで、田中会長よろしく申し上げます。

**田中:** 皆様、それぞれのお立場から貴重なご意見をいただき誠にありがとうございます。地質調査業におけるDXの展望を述べる前に、本会で話題になったことについて、私の考えを説明します。

まず、先ほど全先生が言われましたように、建設生産プロセス全体の中でDXを進めていこうとすると、計画から調査、設計、施工、維持管理にいたる各段階でのプロセス間の引継ぎが協調的に進み「全体良し」という状態が必要だと思います。そのような意味では、われわれ地質調査業に従事するものは、調査段階のみではなく、関連する各段階をしっかりと勉強していかなければならないと思っています。

次に、谷川さんが言われました、AIなどを活用し効率化や自動化が進むとわれわれの仕事がなくなるのではないかという懸念についてです。話題提供で言われたものと思いますが、われわれがもつ専門技術は地盤を診断できる技術ですから、例えば、表面地形からだけで判断された地盤リスクなどに関して、地質や地盤の診断を組み入れ、的確かつ現実的なアドバイス、コンサルティングすることで、災害時の避難計画も含め新たな効果が期待できるというように、まだまだ地質調査技術の出番はなくならないと感じています。

最後は、全地連でも進めています、原位置試験装置等の自動化です。装置そのものの自動化には異論ありませんが、重要なのは試験対象となるボーリング孔壁の自然状態を可能な限り維持することだと考えています。このことについては、全地連関東協会で「調査の匠」という認定制度によりサンプリング技術に優れたオペレーターを匠に認定した際、「あなたのサンプリング技術を、給圧や送水圧などを計測し、機械で再現できたら同じ状態のものが採取できますか」という私の問いに、その方は「できます」と即答でした。孔壁の品質維持など判断が難しく、

かつ経験に裏付けされたオペレーターの技能も、計測とAI等を駆使してロボット化できるのではないかと考えるきっかけとなりました。そういう経験がありましたので、自動化やロボット化についてはできる限り進めることが得策だと思っています。

そのような中、全地連では、昨年（2021年）12月に『新たな時代の地質調査発展ビジョン』を発表いたしました。地質調査業を「インフラのインフラ」と位置付け、DXをめぐる国や社会の動向を踏まえ、建設関連業としてインフラ分野が抱えるさまざまな問題を解決していくという方向付けを明確にし、現在、実現に向け取り組んでいます。これを実現するためには、これまで変えることが難しかった慣例的な仕組みや技術の体系までも見直していく覚悟で再構築を図らなければいけないと思っています。

地質調査業は基本的に情報サービス産業ですので、比較的デジタル化にはなじみやすいと思われていますが、いわゆるハード・ソフト一体型の特殊な産業形態ですので、その両面から取り組み、全体的な生産性向上を図る必要があります。これまでもセンサーの開発やデータのデジタル化、オンライン化などを進めています。将来的な観点に立つと、DXを活用し、業界として新しいマーケットの開拓やICT要素技術の進化に確実に対応していくこと、そして、それらを通じ、働き方や現場環境改善を進めて行かなければならないと考えています。

そのためには、「地質・地盤情報に関するデータプラットフォームの拡充」、「BIM/CIMにおける3D地質・土質モデルの情報伝達ツールとしての活用」、「地質調査現場におけるICT技術による効率化」の三つの取り組みが重要と考えております。

一つ目の地盤情報については、大西先生の国土地盤情報センターですでに進められていますが、柱状図と土質試験結果等の基本情報に加えて、物理探査やリスクの情報など関連する情報を統合的に集約し、二次利用による付加価値と対価を創出することが重要と考えています。具体的には、創出した付加価値や3D地質・土質モデルを地下埋設物のデータなどと組み合わせることによってインフラメンテナンス、あるいはリスクマネジメントなど、さまざまな場面で生産プロセスの質的向上に繋がるように、その仕組みや制度も含めて、関係する皆様と相談しながら検討を進めていきたいと考えています。

二つ目の3D地質・土質モデルは、後工程への重要な情報伝達ツールであると考えています。しかし、先ほど大西先生が言われましたように、構造物の3Dモデルとは異なり、ボーリング調査地点以外は不確実性が内在することも事実であり、その作成や

活用ではハードルが高いイメージがあります。しかし、内在する不確実性や、それに伴うリスクを明確にすることと生産プロセスの進捗の中でそれらを減少させ、精度を向上させることで、維持管理段階における有効な情報となり、外部条件などの変化による性能再評価や災害時での活用効果は非常に大きいものと考えています。いずれにしろ、3D地質・土質モデルの活用の目的と技術水準は、関係者の合意が前提になりますが、国土交通省様でもユースケースの一つとしてリスクマネジメントを挙げておられますので、その有用性は高く、普及発展に向け、業界としてしっかり取り組んでまいりたいと考えています。

三つ目の地質調査現場におけるICT技術の活用による効率化は、先ほど来、なかなか進んでいないという厳しいご発言もありましたが、生産性の向上と現場環境の改善の観点から、一層の活用が不可欠と考えています。実際にはウェブカメラを導入した検査や管理のリモート化など、既に実用化されているものもありますが、今後、観測業務などセンサーネットワークと通信、あるいは地形の点群データなどと組み合わせたデジタルツインへの展開が重要になってくるものと考えています。また、現場環境改善の観点から、30年近くモデルチェンジされていないボーリングマシンの改良も検討しております。全地連では、「次世代型ボーリングマシン（自動化マシン）の開発・拡大に関するコンソーシアム」を設置するとともに、会員企業においても自動化等に着手しています。普及に向けて様々な課題があることも事実ですが、全地連の現場環境改善委員会の下にボーリングマシン自動化WGを設置しておりますので、課題解決に向けた検討を積極的に進めたいと考えております。

以上のようなDXへの展望をもち、当面、喫緊の課題である防災・減災、そしてインフラ老朽化対策を含めた国土強靱化政策に対し、i-Construction、BIM/CIM、インフラ分野のDXなど国の施策に沿って対応していくことが、われわれ地質調査業の役割であろうと思っています。そして、DXという大きな流れへの対応は、必ず地質調査業の魅力向上や担い手確保といったものに繋がるとの展望を持っております。

**FA:** ありがとうございます。未来は明るいと私も感じております。

それでは閉会の挨拶をよろしく申し上げます。

**司会:** 私は地質調査といっても、いわゆる航空測量

の会社に籍を置く地質技術者です。今日の議論を聞いていて、やはりボーリングに関する話題が多くありました。測量業界、特に航空測量業界は、戦後から続いていた航空写真測量の時代が今は航空レーザーに変わって、全くドラスティックに仕組みが変わってしまったのです。私がこの会社で地形判読をやっているところは、アナログ写真の解像度をデジタル航空カメラが超えるなんて全く想像ができていなくて、今は実はデジタル航空カメラのほうがかなり解像度が高いです。

航空写真から間接的に計測するという間接測量から、航空レーザーという直接測量に変わって、われわれ航空測量の業界は、機械を買ってくればハイテクなデータが取れるみたいな、設備産業と揶揄されるぐらいです。それでも自分たちの仕事はなくならずに、新しい技術に対応して新しい価値を見いだしているから、それなりに企業が存続しているのかな

と思っています。ですから、地質調査業が、ボーリングがドラスティックに技術革新しないという部分があり、そういうこともあって全地連の会員企業の皆さんが、DXの社会に自分たちが取り残されていってしまうのではないかとというような、たぶん不安も聞こえてきたりしています。

今回の座談会の結果は、機関誌『地質調査』にて、広く会員企業の皆さま、それから顧客の皆さまにお配りするわけですが、少しでも今得られた皆さまのご発言が全地連あるいは地質調査業界のこれからのDXの羅針盤になって行くような、示唆を与えるようなものにしていきたいと思います。これからも地質調査業界にご協力のほど、ご指導ご鞭撻のほどよろしくお願いいたします。

これで閉会といたします。今日はどうもありがとうございました。



# DX 時代の 新しい建設産業に向けて

たてやま かずよし  
建山 和由\*

**Key Word** 建設改革, ICT, i-Construction, DX, デジタルツイン

## 1 建設業の体質改善に向けて

日本の将来を考える上で、人口の推移予測は極めて重要な論点となる。図1は日本の人口推計である<sup>1)</sup>。2020年時点の日本の総人口は125,325千人で、このうち生産年齢人口とよばれる15歳から64歳までの人口は74,058千人である。この推計によると今後、総人口、生産年齢人口とも減少を続け、30年後の2050年には生産年齢人口は52,750千人となる。このシナリオ通りに進むと、30年後には現在の71.2%の生産年齢人口で日本の社会を支えていかなければならないことになる。建設業は、現在でも担い手確保に苦慮しているが今後ますます厳しい状況に追い込まれると考えざるを得ない。

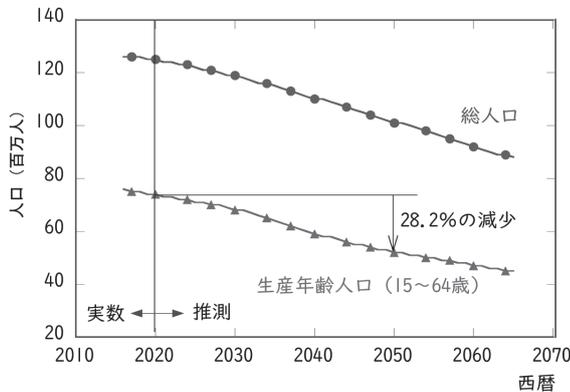


図1 日本の人口推計<sup>1)</sup>

一方で、日本の総人口の減少に則して社会インフラの新規建設は勢いを失いつつも、人々の活動と生活を支えるインフラの維持管理に伴う工事は今後益々増えていくことになる。図2は、日本の社会資本投資の推移を表している<sup>2)</sup>。新設工事は1990年代に比べると6割以下に減少しているが、維持補修工事は増加しており、今後も増えていくことにな

る。維持補修工事は、一般に新設工事よりも複雑で難しい工事が多い。劣化箇所を特定し、その原因を取り除く形で補修方法を決めて、かつその施設を使いながら補修や更新を行わなければならないからである。

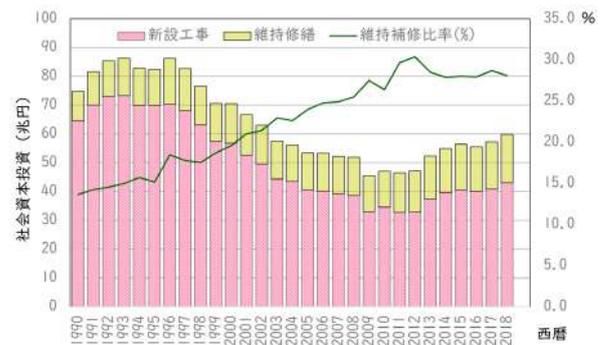


図2 インフラ投資の推移<sup>2)</sup>

また、自然災害という点からも建設業は、厳しい対応を迫られている。図3は全国における時間50mm以上の豪雨の年間発生回数を表している<sup>3)</sup>。雨が多い年もあれば少ない年もあるが、トレンドとしてみると、時間50mmを越える雨の回数は確実に増加している。豪雨だけでなく、地震、火山をはじめ、日本の自然災害は激化してきている。

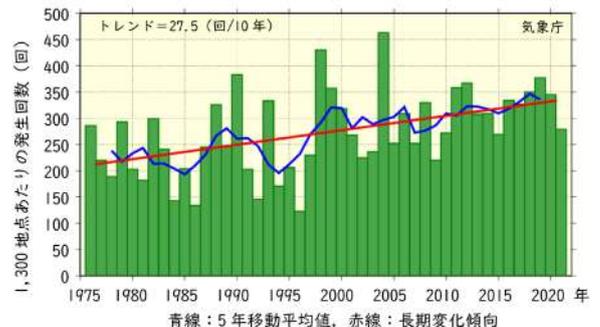


図3 時間50mm以上の豪雨の年間発生回数<sup>3)</sup>

\*立命館大学 総合科学技術研究機構 教授

以上の状況をまとめると、建設業は、生産年齢人口の減少から、担い手不足がますます深刻化する中で、インフラの維持修繕・更新、あるいは災害対策の強化という、これまでよりも複雑で難しい工事をこなしていかなければならない状況に置かれている。建設の役割は、社会に対して、将来にわたって、安定的にインフラを提供していくことであるが、これまでと同じ方法、あるいはその延長線上での議論をしていたのでは、対処できない状況に陥りつつある。

これらの仕事を担う建設業の労働環境や就労条件は以前に比べると改善されつつあるものの、賃金水準、労働時間は全産業平均に比べ未だに劣っており、さらに死亡災害の件数も全産業の1/3を占めている<sup>2)</sup> (図4参照)。

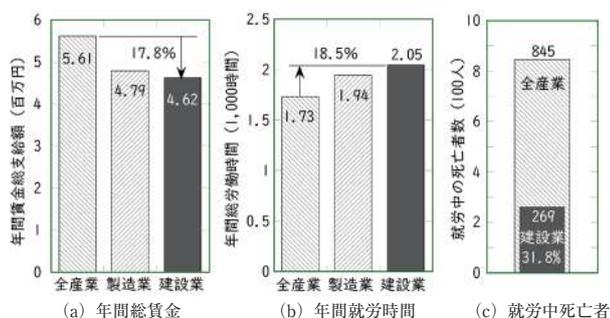


図4 産業別就労条件・環境の比較<sup>2)</sup>

すなわち他産業に比べると依然、きつい、汚い、危険の3Kと呼ばれる状況から脱し切れていないと言わざるを得ず、今後、建設業を支える人材確保は益々難しくなることが危惧される。

この原因の一つと考えられているのが、建設業の低迷する労働生産性である。図5は産業別の労働生産性の推移を表している<sup>2)</sup>。高度成長期からバブルと呼ばれた好景気時期にかけて、建設業の労働生産性は一般製造業よりも高い水準にあった。しかしながら、1990年代以降、一般製造業は、自動化などの新しい技術を生産ラインに導入するなど様々な取り組みを行い、20年間に生産性を大きく改善してきた。一方で建設業は、インフラ投資が年々減少する中、だぶついた生産力から生産性を高める必要性が認識されず、生産性を高めるところか低下させる状況に陥っていた。

このような状況を背景に国土交通省では、生産性の大幅な改善を通じて、建設業を高水準の「給料」と「休暇」、ならびに「希望」の3つのK、すなわち「新3K」で象徴される産業に変えていくことを目指し、i-Constructionなる施策を打ち出した。このi-Constructionでは、「一般製造業に比べて遅れ

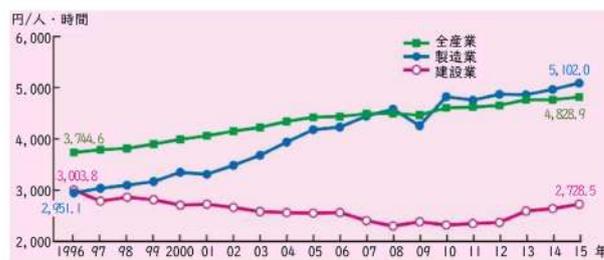


図5 産業別労働生産性の推移<sup>2)</sup>

ていたICTの積極的活用、単品・現場生産に起因する非効率性を改善する規格の標準化、時期により偏りが顕著な発注の年間を通じての平準化などを柱に据えて、様々な施策により生産性の向上をもたらし、もって新3Kを実現し、建設業の体質を変えていくことを目指す<sup>4)</sup>としている。これらの施策の中でも、ICTの積極活用による生産性の向上には大きな期待が寄せられている。

## 2 土工におけるICTの全面活用

i-Constructionでは、最初にトンネル工などに比べ生産性が低迷していた土工に焦点を当て、ICTの全面的な活用を促進し、効率化を図っていったことになった。土工におけるICTの導入は、従前から情報化施工として進められてきた。重機操作にICTを導入して制御の高度化を図る技術の導入や、出来形計測に全地球測位衛星システム(GNSS)やトータルステーション(TS)を導入して省人化や効率化を図る取り組みはその代表例である。i-Constructionでは、ICTの導入を施工だけでなく、測量、設計・施工計画、検査、さらには維持管理の各工程にまで広げ、土工全体の効率化や省人化を実現し、もって生産性の向上をはかることを目指している。図6にそのイメージを示す<sup>4)</sup>。この手法を道路や河川堤防をはじめとする土工作業の現場に導入するとともに、それを発展させて、舗装工、浚渫工をはじめとする様々な工種に導入し一般化が目指されてきた。

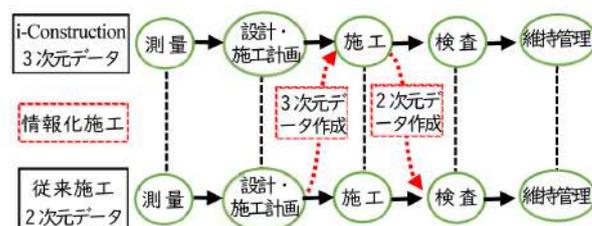


図6 情報化施工とi-Construction

スタートから6年間の取り組みを経て、ICTの全面活用による生産性の向上は、一定の広がりを見せつつあるが、地方自治体発注の中小の工事では、ハード、ソフトの整備コスト、それを活用する技術者の育成などが障壁となり、導入が遅れている。図7は、発注者別の公共事業費用の推移を表している<sup>2)</sup>。インフラ整備に関わる公共事業の7割以上は、地方自治体発注の中小の工事で、これらの工事でICTの導入が進まなければ、i-Constructionは成功とはいえない。このため、建設改革のさらなる推進には、これまでと同様の進め方では不十分で、新たな工夫が必要となっていたが、そのような状況の中、社会全体でDXを推進しようとする気運が出てきた。



図7 発注機関別公共事業額の推移<sup>2)</sup>

### 3 i-Construction から DX へ

2016年、政府は第5期科学技術基本計画の中で、狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会の先にある我国が目指すべき未来社会の姿として「Society 5.0」を提起した<sup>5)</sup>(図8参照)。この未来社会では、現実世界(フィジカル空間)からの膨大な情報が仮想空間(サイバー空間)に集積され、それらをビッグデータとして統合型シミュレーション技術や人工知能(AI)等を用いて解析し、その解析結果が現実世界にフィードバックされることにより、これまでに無かった新たな価値が産業や社会にもたらされることを想定している。

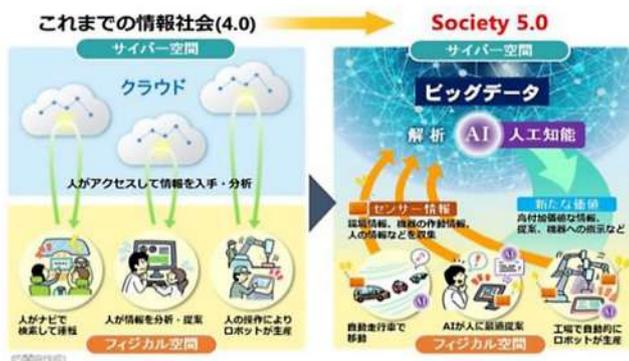


図8 Society 5.0の提起<sup>5)</sup>

そのベースにはDigital transformation, DXという概念がある。DXは、高速インターネットやクラ

ウドサービス、人工知能(AI)をはじめとするデジタル技術を駆使し、既存の組織や仕組み、手順、モノや情報の流れといったものを根本的に変革することにより、業務の効率化や省力化を超えて、事業や商流の在り方そのものを改革するという概念である。ここで、“transformation”を“X”で置き換えているのは、元々“trans”には「超える」という意味があり、“X”が文字の形から、「交差する」、「横断する」という意味を持つ単語の略として用いられることに由来する。すなわち、DXでは、単にデジタル技術を導入するだけではなく、それによりこれまでの有り様の枠を超えて、社会の変容をもたらすことを目指していくことになる。社会におけるDX推進の流れを受けて、i-Constructionでもこれまでの3Dを主体とするICT施工だけでなく、様々なデジタル技術を積極的に導入して、インフラの建設だけでなく、その運用とともにインフラに関わるデータの様々な活用等幅広い取り組みが進められることになる<sup>6)</sup>。

近年、Society5.0を具現化する手法の一つとして、「デジタルツイン」が注目されている。デジタルツインは、現実世界において様々なセンサーやそれらを繋ぐIoTなどを駆使してデータを収集し、仮想空間においてそれらを用いて現実世界をできるだけ忠実に再現するシミュレーションを行う技術である。現実世界を仮想空間にコピーするようなイメージであり、「デジタルの双子」の意味を込めてデジタルツインと呼ばれている。

デジタルツインの世界では仮想空間でシナリオや入力条件の設定を自由に変えてシミュレーションを行い、現実の事象を表現することができるため、何度でもやり直しを行うことができる。このため、例えば想定外の災害に見舞われた時の被害想定や、復興に要する費用や時間、自然への影響などをシミュレーションで再現し、災害による影響を最小に抑える都市のあり方を抽出し、それを都市計画に落とし込んでいくことができる<sup>7)</sup>。また、新しい施策や技術を導入することによる効果や費用などを事前に見積もり、最も効果的な導入方法やツールを選択して、実施に移すこともできる。将来、インフラ整備は、デジタルツインを基盤に置いて、より効率的な運用がはかれることになると想像している。

### 4 身近な課題意識「安全に楽しく儲ける」

i-Constructionを契機に建設工事では、ICTを導入しようとする動きは出てきているが、必ずしもその導入効果を実感できている場合ばかりでは無く、

逆に、経費と人手を掛けた割に効果がみられないという声も多い。それはICTの導入が目的になっているからと考える。建設改革の目的は、本来、人員の削減や工期短縮、事故防止など工事の効率や質、安全性の向上である。例えば、人員の2割削減、工期の3割短縮、完全週休2日の実現などの具体的な目標を立て、それを実現するためにICTの導入方法を検討するプロセスが重要といえる。具体的な目標を持たずにICTを導入したところで効果的な導入をはかることはできず、また、目標が明確でないと効果の検証を行うこともできない。前述のDXの流れを考え合わせると、これからの建設改革では、自らの現場の課題を明確にし、その解決に向けた具体的な目標を設定して、ICTだけでなく目標の達成に適した多様なデジタル技術の導入をはかる必要がある。

より身近な目的意識として分かり易いのは、「安全に楽しく儲ける」である。「楽しく儲ける」というと、社会通念上、「悪い」こととして捉えられるが、建設業は前述の通り他産業に比べ3Kの状態を解消することのできない産業で、このままでは新規入職者の確保は、益々困難にならざるを得ない。図9は産業別の有効求人倍率の推移を表したグラフである<sup>8)</sup>。一般に有効求人倍率は1.0前後を推移しているが、建設業では、5倍から6倍、職種によっては、10倍近くになっており、この状況が改善される見通しを持つことはできない。

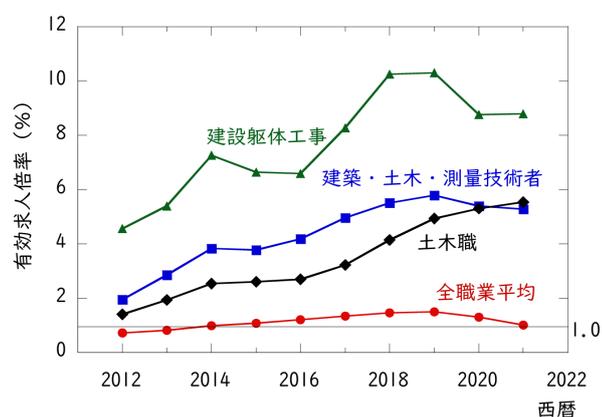


図9 産業別有効求人倍率の推移<sup>8)</sup>

建設業の役割は、前述のように社会に対して将来にわたって安定的に質の良いインフラを提供していくことといえるが、このままの状況ではその役割を果たすことができない事態に陥ることは避け得ない。この状況を改善するためには、少ない人手でも今まで以上の仕事をこなすことのできる仕組みを確立させると同時に魅力ある産業に変貌して新たな入職者の確保に努めなければならない。そのためにも

「安全に楽しく儲ける」ことを是として、その実現に邁進することが必要と考える。

## 5 リーンマネジメントの導入

現場毎に、「安全に楽しく儲ける」ための方法を検討する際には、慣習的に行っていることについて改めて本来の意義を確認することにより、改善の糸口を見出し得る場合がある。普段、当たり前として行っている行動の中には、形骸化しているものも多く、不便さや非効率を感じながら慣習で行っている作業には、簡単なツールの導入や工夫で効率や安全性を大幅に改善し得る場合がある。このよう検討を進めるにあたり、リーンマネジメントの考え方を導入することが有効と考える。

20世紀後半、バブル期の極端な人件費の高騰に対応すべく、トヨタは、生産現場における改善策の抽出とその実装を系統立って行うトヨタ・システムを作り上げた。MITではその研究を通じて新たな生産システムを体系化して、「リーン生産方式」と名付けたが<sup>9)</sup>、それが製造業だけでなく一般の産業にまで広がってリーンマネジメントとなった。

リーンは英語の“lean”で、「ぜい肉がなく、引き締まって、痩せている」という意味である。リーン生産方式では、必要なときに必要な材料や部品を的確に確保するジャストインタイム、5S（整理・整頓・清掃・清潔・躰）の徹底によるムダのない生産環境の維持、異常の早期検知、見える化などを通じた「不具合の顕在化」と「改善」他、様々な手法により製造工程の全体にわたってトータルコスト及びリードタイムを減らしていく<sup>9)</sup>。このうち、世界用語にまでなった「KAIZEN」は、現場で生産に携わる人の改善提案を生産プロセス全体の効率化に繋げていく手法で、今、建設改革で一番求められている視点と言える。

リーンマネジメントには、様々な手法があるが、ここでは建設分野への導入の考え方として作業内容に応じた合理化の推進について紹介する。

リーン生産方式では、現場の作業を下記の3種類に分類し、効率化や省人化を考える<sup>10)</sup>。

- ① 付加価値作業：製品に必要な付加価値を直接加える作業で、生産の目的となる本質的な作業
- ② 付随作業：必要な作業ではあるが、直接、製品に付加価値を加えることのない補助的作業
- ③ ムダ：本来、無くても良い必要の無い動作

これを道路土工に当てはめて考えてみる。道路土工の目的は舗装を施す前の路体や路床を構築することである。このため、付加価値作業は、図10に示

すように、地山の掘削・運搬・敷き均し・締固めの一連の作業である。この作業では、建設機械を使って土を操作しなければならないため、その効率化や省人化では建設ロボットの導入等、比較的大がかりな改善が必要になる。



図 10 道路土工における付加価値作業

これに対し付随作業は、施工状況の写真撮影、測量、書類作成、出来形計測などの作業である。これらは、直接路体や路床を造る作業ではないが、工事を遂行する上で必要な作業といえる。一般に、人手と時間を要し、ICTの導入により効率化や省人化を図りやすい作業といえる。電子小黑板とスマホによる写真撮影の効率化や動画による書類の代替えなどはその事例といえる（図 11、12 参照）。



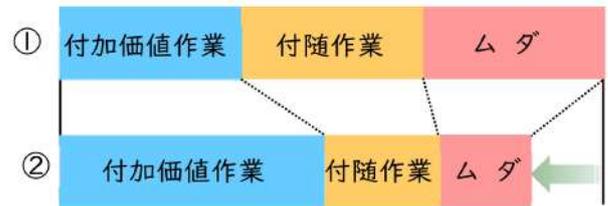
図 11 電子小黑板の利用 図 12 計測データの扱い  
(情報提供：奥村組土木興業(株)、(株)建設システム提供)

また、ムダは、工程間の調整時間や検査のための待ち時間等、基本的に生産に寄与しない要因であり、できるだけ削減する努力が必要になる。このために最近注目されているのは映像を活用した現場臨場技術である。これを用いると遠方の現場へのアクセス時間を減らすことができるため、大幅な時間の節約とともに、簡便さから現場臨場の頻度を増やすことにより、より密な現場管理を行うこともできる（図 13 参照）<sup>10)</sup>。



図 13 カメラを用いた遠隔臨場・遠隔立会検査  
(情報提供：(株)環境風土テクノ、(株)堀口組、(株)愛亀)

図 14 は、付随作業とムダの削減による技術者の仕事時間の改善イメージを表している。様々なツールや工夫で付随作業とムダの削減、もしくは軽量化を行うことを通じて時間を節約することにより、技術者は時間的な余裕を持ちつつ、よりより多くの仕事をこなすことができる。



①これまでの仕事時間 ②これからの仕事時間

図 14 仕事時間の改善イメージ

## 6 デジタル技術を導入する意義

ICTなどのデジタル技術を建設に導入する意義は深刻化する人手不足に対応して、省人化や効率化を図ることが第一義的であるが、技術者の技術力の向上に寄与する意味も大きいと考えている。

日本のインフラ整備は、設計方法を体系化し、基準を作り、マニュアルを整備して、それに従えば、一定品質の構造物が効率的に作られる仕組みを確立してきた。短期間に所定の品質を有するインフラを整備できたことは、その大きな成果といえるが、その過程で、技術者の業務の多くは管理業務になり、管理のための書類を作成することに多くの時間と労力が費やされるようになった。施工はマニュアルに則して行われているか、構造物は基準を満たしているかを書面上で確認する業務である。結果として現場に直に接し技術者としての素養を育む時間が減ってしまった。

本来、技術者に求められる素養とは、計画外や経験したことのない未知の事象に対応する力ではないだろうか。現場で培われた豊富な経験とそこで育成された知識を駆使して、想定していなかった課題に適切に対応する力である。それを養うために技術者には、ICTをはじめとするデジタル技術を有効に活用して、管理に費やす時間と労力を削減し、生まれてくる余裕を活用して現場で多様な経験を積み重ねることが求められる。さらに、ICTを活用して多様なデータを収集し、AI等を用いて分析することを通じ、より適切な判断を行うことも重要な能力といえる。これからの技術者には、デジタル技術を活用するスキルが求められる。

## 7 DX時代の建設産業に向けて

建設業界は確実に動き出している。将来、確実に訪れる問題を克服するための体制を整える絶好の機会を得ている。社会がDXに向かい動き始めている今、我々はこの流れを活かし、建設改革を進めることのできる時代にあることを強く感じる。その際、新しい取り組みを始めると必ずしも成功する場合ばかりでは無く、うまくいかないこともあり得ることを認識し、失敗を責めるのではなく、挑戦を評価する文化の醸成が極めて重要といえる。また、いきなり大規模な改善に着手するよりも、小さな取り組みから始め、うまくいくようであればそれを広げ、効果が得られないようであれば、その経験を活かして新たな取り組みに向かうことも有効な進め方と考える。こういった取り組みを通じて、建設業が、活気溢れる産業に変わっていくことを期待している。

### 〈参考文献〉

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成29年推計）より引用（HP）（2022年6月5日現在）  
<https://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/pp-zenkoku2017.asp>
- 2) 一般社団法人日本建設業連合会：建設業ハンドブック2020、2020年より作成
- 3) 気象庁：アメダスで見た短時間強雨発生回数の長期変化について（HP）（2022年6月5日現在）[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme\\_p.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html)
- 4) 国土交通省：i-Construction～建設現場の生産性革命～、i-Construction委員会報告書、2016年。
- 5) 内閣府：科学技術政策、Society5.0から（HP）[https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html)（2022年6月5日現在）
- 6) 国土交通省：インフラ分野のDXアクションプラン、2022年3月
- 7) 飯塚敦：都市デジタルツインによる防災減災パラダイムシフト、技術展望、土木構造・材料論文集、第36号、pp.15-19、九州橋梁・構造工学研究会、土木学会西部支部、2020.12
- 8) e-Stat（政府統計）一般職業紹介状況（職業安定業務統計）から作成（2022年6月5日現在）<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/114-1.html>
- 9) 若松義人「《世界のトヨタ式4》マサチューセッツ工科大学とトヨタ式」「トヨタ式」大全：世界の製造業を制した192の知恵』PHP研究所、2015年など
- 10) 建山和由：地盤工学におけるi-Construction～次の段階に向けて～、地盤工学会誌、Vol.68, No.12, Ser. No. 755, pp.1-4, 2020年12月

# 豪雨時の斜面防災における DX

いとう しんいち\*  
伊藤 真一\*

**Key Word** データ同化, 融合粒子フィルタ, 現地計測データ, 不飽和浸透特性

## 1 はじめに

全国各地で豪雨による斜面崩壊が頻発しており、これに対する適切な防災対策が必要である。豪雨時の斜面崩壊に対するソフト対策の一つとして、土中水分量などの現地計測<sup>1)</sup>がある。現地計測を行うことで、現時点の土中の水分状態を遠隔でモニタリングできるだけでなく、現地計測データを大量に蓄積できるという利点もある。ただし、現地計測によって議論できる時間的な範囲は過去から現在までに限られる。言い換えると、現地計測を行うことで、これまでに経験した降雨時における土中水分量は把握できるが、未経験の集中豪雨が降った場合の土中水分量を現地計測データだけで予測することは難しい。このような未知の降雨外力に対する予測を行うためには、数値解析シミュレーションの導入が必要であり、そのためには、現地計測データと数値解析シミュレーションを高度に結び合わせる必要がある。本稿では、これを実現するための手段として、データ同化を用いた事例<sup>2) 3)</sup>を二つ紹介する。このような現場の状態をデジタル空間上で再現・予測することができれば、斜面防災におけるDXにも繋がると期待できる。

## 2 データ同化手法

データ同化とは、数値解析シミュレーションを行う際の数値解析モデル（パラメータ、初期条件、境界条件など）を計測データに基づいて修正するための手法であり、主に気象学や海洋学の分野で発展してきた。身近なところでは、天気予報や台風の進路予測などに用いられているデータサイエンスの手法である。データ同化には様々なアルゴリズムがある

が、本稿で用いたデータ同化手法は、融合粒子フィルタ（Merging Particle Filter：MPF）<sup>4)</sup>である。MPFはシステムの状態に関する確率分布を多数の実現値集合（粒子）で近似的に表現し、ベイズ推定を応用して各粒子の時間推移を表現するデータ同化手法である。それぞれの粒子は、初期条件、境界条件、パラメータなどに関する情報と各モデルにおいて数値解析シミュレーションを行って算出される各時刻の物理量を情報として有している。図-1はMPFの概念図を示している。MPFに関する詳しい計算式については参考文献<sup>5)</sup>を参照されたいが、要するに、沢山の未知パラメータの組み合わせを用意しておき、それらを用いた多数のシミュレーションを行いながら、各時刻でベイズ推定を行うことで計測データを再現できるパラメータを探すという方法である。

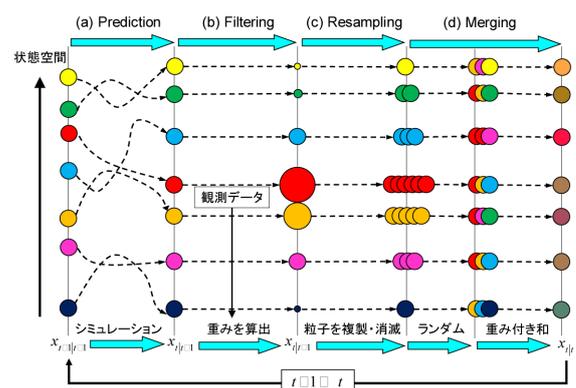


図-1 MPFの概念図

\*鹿児島大学

### 3 体積含水率の現地計測データに基づく不飽和浸透特性のデータ同化

本章ではMPFを用いて体積含水率の現地計測データから不飽和浸透特性を推定した事例<sup>2)</sup>について紹介する。

#### 3.1 対象斜面と現地計測データ

本事例の対象斜面はまさ土で構成された切土斜面である。この斜面には雨量計と土壌水分計（深度30cmと60cm）が設置されており、降雨量と体積含水率が10分間隔で計測されている。図-2は本事例で用いた現地計測データを示している。このデータにおける前半の15日分を学習データとして用いて、後半の15日分をテストデータとして用いた。つまり、前半の15日分のデータは降雨量と体積含水率の両者をモデルに与えてデータ同化を行い、不飽和浸透特性に関するパラメータの確率分布を求める。後半の15日分のテストデータは、降雨量のデータのみを与えて推定されたモデルの予測性能の検証に用いた。なお、テストデータの期間は学習データよりも降雨量が多く、体積含水率の最大値も高い値まで上昇していることが確認できる。

#### 3.2 解析条件

数値解析シミュレーションとしては、不飽和・飽和浸透流解析を行っており、支配方程式としては次式に示すRichards式<sup>6)</sup>を用いている。

$$C \cdot \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ k(\psi) \left( \frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \right\} \quad (1)$$

ここに、 $C$ は比水分容量であり、 $C=d\theta/d\psi$ で表される。 $\theta$ は体積含水率、 $\psi$ は圧力水頭、 $t$ は時間、 $z$ は鉛直座標で上向きに正、 $k(\psi)$ は不飽和透水係数である。水分特性曲線としては式(2)に示すvan Genuchtenモデル<sup>7)</sup>、不飽和透水係数モデルとしては式(3)に示すMualemモデル<sup>8)</sup>を用いた。

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left\{ \frac{1}{1 + (-\alpha \cdot \psi)^n} \right\}^{1 - \frac{1}{n}} \quad (2)$$

$$k(\psi) = k_s \cdot S_e^{0.5} \left\{ 1 - \left( 1 - S_e^{\frac{n-1}{n}} \right)^2 \right\} \quad (3)$$

ここに、 $S_e$ は有効飽和度、 $\theta_s$ は飽和体積含水率、 $\theta_r$ は残留体積含水率、 $\alpha$ と $n$ は水分特性曲線の形状に関するパラメータ、 $k_s$ は飽和透水係数である。この中で土によって値が変わる不飽和浸透特性に関するパラメータは $\theta_s$ 、 $\theta_r$ 、 $\alpha$ 、 $n$ 、 $k_s$ の5つである。

本事例では、これらの5つの未知パラメータを現地計測データから推定するための方法としてMPFを用いた。

データ同化の条件として、粒子数は合計500個とした。データ同化を行う前の段階では、5つの未知パラメータについてそれぞれどの程度が良いパラメータなのかが分からないため、図-3のようにあり得るパラメータの範囲で一様乱数によって初期の粒子を作成した。

#### 3.3 解析結果

学習データを用いて不飽和浸透特性に関するパラメータのデータ同化を行った。図-4は各時刻におけるデータ同化結果を示している。実線が計測デー

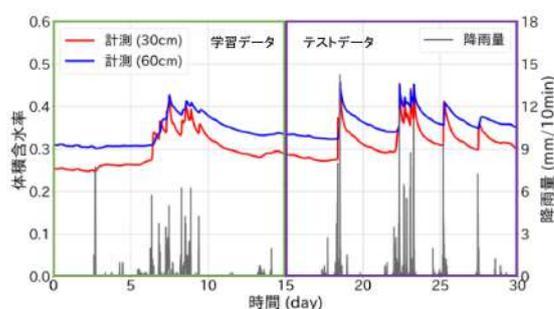


図-2 現地計測データ

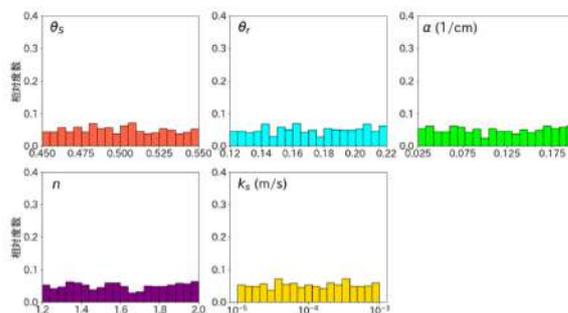


図-3 データ同化前のパラメータのヒストグラム

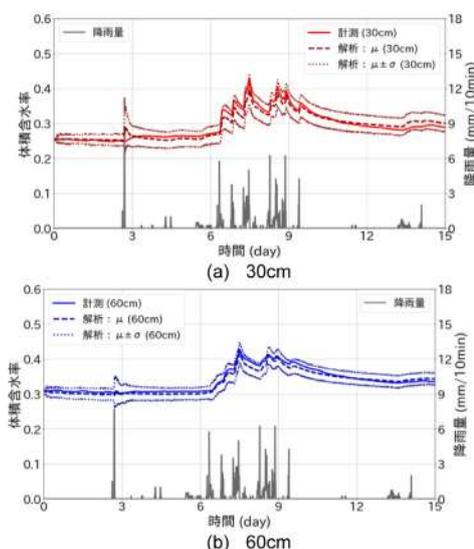


図-4 データ同化結果

タ、破線は解析結果の平均値  $\mu$ 、点線は解析結果における  $\mu \pm \sigma$  の範囲を示している。同図より、解析結果は計測データを良好に再現できているといえる。図-5はデータ同化終了後のパラメータのヒストグラムを示している。現地計測データに適合するようにパラメータの確率分布が更新されていることがわかる。

図-5に示す不飽和浸透特性に関する確率分布に対して未学習のテストデータにおける降雨情報を入力した。図-6はその解析結果を示している。MPFによって推定されたパラメータの確率分布を用いたシミュレーションを行うと、未学習の豪雨時における現地計測データも良好に予測できていることがわかる。つまり、その現場の計測データを再現可能なパラメータを推定できたといえる。過去に蓄積されたデータを用いてこのようなモデル化をしておくことで、未経験の雨が降った場合の土中の水分状態も予測できると考えられる。

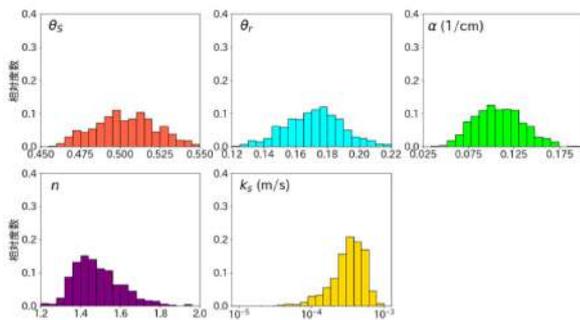


図-5 データ同化後のパラメータのヒストグラム

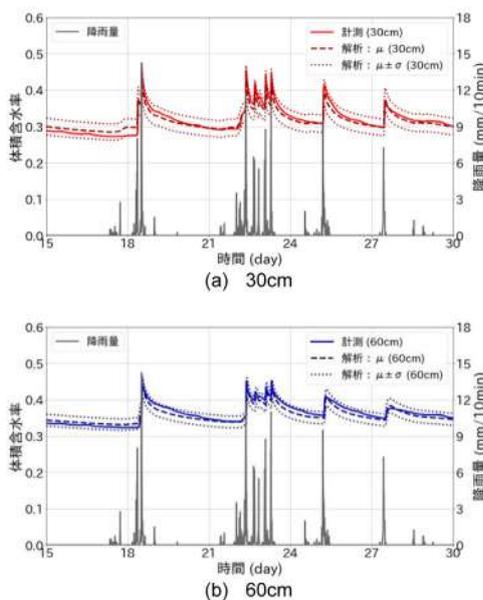


図-6 テストデータに対する解析結果

#### 4 地下水位の現地計測データに基づくタンクモデルのデータ同化

土中水分量の現地計測データを表現するためのシミュレーションモデルは、不飽和・飽和浸透流解析だけとは限らない。例えば、より簡易的に地下水位をシミュレートするための方法として、タンクモデルを用いてその流出孔に関するパラメータをデータ同化によって求めるという方法もある。ここでは、並列タンクモデル<sup>9)</sup>をシミュレーションモデルとして用いてデータ同化を行った事例<sup>3)</sup>について紹介する。

##### 4.1 対象斜面と現地計測データ

対象斜面は、とある寺社の裏斜面であり、2017年5月から継続して地下水位の現地計測が行われている。図-7は2017年における現地計測データを示しており、図-8は2018年におけるそれを示している。2017年10月22日頃は台風21号の影響、2018年7月4日から7月8日頃までは平成30年7月豪雨の影響で地下水位が地表面近くまで上昇していることが確認できる。ここでは、2017年の計測データを用いてタンクモデルのパラメータを推定し、2018年の降雨に対する再現解析を行って推定されたモデルの妥当性について検証する。つまり、2017年の現地計測データを学習データ、2018年のデータをテストデータとして扱う。

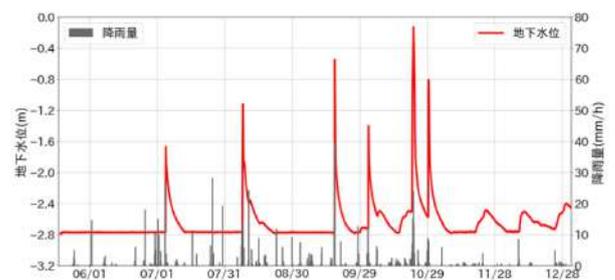


図-7 現地計測データ (2017年)

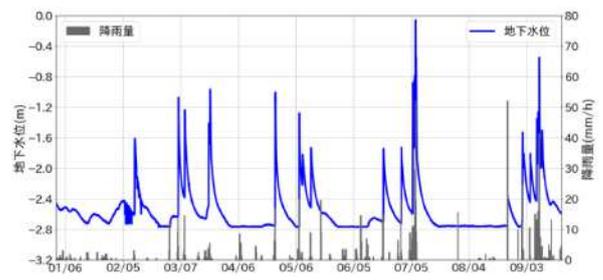


図-8 現地計測データ (2018年)

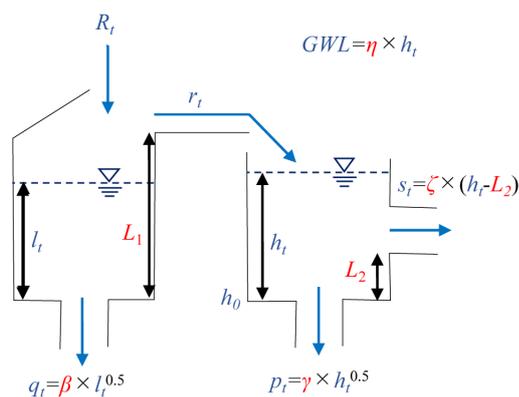


図-9 並列タンクモデルの概念

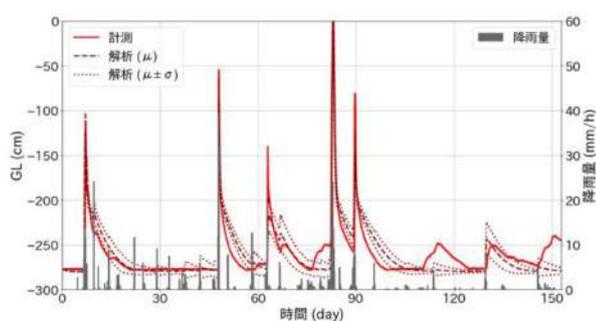


図-10 データ同化結果

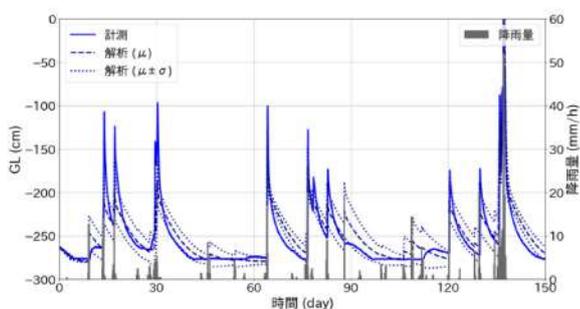


図-11 テストデータに対する解析結果

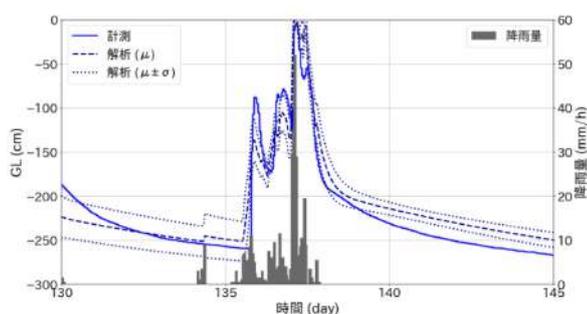


図-12 平成30年7月豪雨時の解析結果

## 4.2 解析条件

図-9は本研究で用いた並列タンクモデルの概念図を示している。現地で計測された降雨量が左側のタンクに流入し、左側のタンクから溢れ出した流量が右側のタンクに貯留される。この右側のタンクにおける貯留量が地下水位と関係している。つまり、左側のタンクは不飽和状態での鉛直浸透による時間遅れを簡易的に表現しており、右側のタンクがそれによって生じる地下水位を表現しているといえる。タンクモデルの計算は、前章の事例のように有限要素法で離散化して不飽和・飽和浸透流解析を行うわけではないため、シミュレーションモデルとしての導入が容易であるという利点がある。ここでの並列タンクモデルには合計6個の未知パラメータ ( $L_1$ ,  $\beta$ ,  $L_2$ ,  $\gamma$ ,  $\zeta$ ,  $\eta$ ) があるため、これらのパラメータの事後分布をMPFによって推定することにした。

## 4.3 解析結果

図-10は学習データに対するデータ同化結果を示している。データ同化に用いた粒子数は500個である。解析の平均値は計測データと概ね合致しており、解析のばらつきも小さい。このことから、不飽和・飽和浸透流解析よりも単純な並列タンクモデルをシミュレーションモデルとして用いても、地下水位の現地計測データを十分な精度で再現できていると考えられる。次に、推定されたモデルを用いて、2018年のテストデータに対する再現解析を実施した。図-11はその再現解析結果を示している。テストデータはデータ同化に用いていないにも関わらず、学習データと同様に、解析結果は現地計測データを概ね再現できていることがわかる。図-12は平成30年7月豪雨時の再現解析結果を拡大して示した図であるが、このような激しい降雨時の計測データも十分な精度で再現できていることから、推定されたモデルは汎化性能の高いモデルであるといえる。

## 5 おわりに

本稿では、豪雨時の斜面防災におけるDXの事例として、融合粒子フィルタ(MPF)を用いた土中水分量に関する現地計測データに基づくモデルパラメータのデータ同化についての事例を二つ紹介した。これらの二つの事例において最も重要なポイントは、降雨量と土中水分量の両者と与えた学習データだけでなく、未学習のテストデータの強い雨だけを与えた場合も土中の浸透挙動を概ね予測できていた点である。このように、過去の計測データから現場の水分状態を再現可能なモデルのパラメータを予

め推定しておくことで、降雨量さえ分かればデジタル空間上で土中の水分状態を予測できるようになる。このような土中水分に関するデジタルツインのシステムを構築することができれば、斜面崩壊が発生する前の段階におけるソフト対策（避難指示や通行規制など）の精度向上にも寄与できると期待される。今後も様々な現場における現地計測データが膨大に蓄積されていき、コンピュータの処理能力も向上していくことが期待されることから、データ同化のような手法は地盤工学や地盤防災の分野でも重要になると考えられる。

---

〈参考文献〉

- 1) 小泉圭吾, 小松満, 小田和広, 伊藤真一, 堤浩志: 体積含水率に着目した降雨時の斜面の健全性を評価するための一考察, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.77, No.2, pp.129-139, 2021.
- 2) 伊藤真一, 小田和広, 小泉圭吾, 酒匂一成: 土質の異なる斜面における現地計測に基づく不飽和浸透特性のデータ同化, 第62回地盤工学シンポジウム, 1-1, 6pp., 2020.
- 3) 小田和広, 伊藤真一, 矢野晴彦, 馬場咲也子: 京都府綾部市安国寺裏斜面における地下水位の動態モニタリング結果に基づくタンクモデルのデータ同化, 第55回地盤工学研究発表会, DS-9-03, 2pp., 2020.
- 4) S. Nakano, G. Ueno and T. Higuchi: Merging particle filter for sequential data assimilation, Nonlinear Processes in Geophysics, No.14, pp.395-408, 2007.
- 5) 伊藤真一, 小田和広, 小泉圭吾, 西村美紀, 壇上徹, 酒匂一成: 融合粒子フィルタを用いた境界条件を含む浸透解析モデルの推定手法の提案, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.76, No.1, pp.52-66, 2020.
- 6) Richards, L. A.: Capillary conduction of liquids through porous mediums, Physics, Vol. 1, pp. 318-333, 1931.
- 7) van Genuchten, M.: A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils, Soil Science Society of America Journal, Vol. 44, Issue 5, pp. 892-898, 1980.
- 8) Mualem, Y.: A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media, Water Resources Research, Vol. 12, Issue 3, pp. 513-522, 1976.
- 9) 高原利幸, 近藤健太, 上野勝利: 並列タンクモデルを用いた土砂災害警戒情報発表基準の適用性に関する研究, 第53回地盤工学研究発表会, pp.2025-2026, 2018.

# DX は地方に幸福をもたらすのか

たなか けんじ  
田中 謙次\*

**K**  
ey Word

ウェルビーイング, ライフスタイル, 福井県, 地盤 CIM, オープンデータ,  
エクスポネンシャル思考, Soceity5.0, 田舎の DX

## 1 幸福度 No.1 「福井県」と DX

私が住む福井県は、人口が約 80.6 万人(全国 43 位: 2010), 県民総生産額が 30,898 億円 (42 位: 2012) という, いわゆる「田舎」である。しかしながら, 全国学力調査 (上位 3 位以内) や幸せな県ランキングでは常にトップである。その背景には, 住みよさランキング 2022 (東洋経済) が全国 812 市区の中で福井市 (全国 2 位), 越前市 (全国 10 位), 敦賀市 (全国 16 位) という結果や, 一人当たりの都道府県民所得が 328 万円 (全国 9 位: 2018) で, 人口 100 万人以下の自治体として福井県だけが上位 10 位内にランキングしていることが挙げられる。他方, 野村総合研究所が開発した都道府県別のデジタル度を可視化する DCI (デジタル・ケイパビリティ・インデックスといい, ネット利用, デジタル公共サービス, コネクティビティ, 人的資本の要素で構成される指標) によれば, 福井県は全国 6 位であること (図-1) や, 鯖江市 (福井県) のオープンデータの取り組みが全国で先駆けであったことなどから, デジタル先進都市と言っても過言ではない。

福井県の自慢話をしているのではなく, DX 化は, 人口・経済とは必ず一致するものではなく, むしろウェルビーイング (幸福) やライフスタイル (生活様式) と相性がいいのかもしれないという仮説である。首都圏だから DX 化が進むのが早いわけではなく, 心身や生活を豊かにしたいと思う「まち」が DX 化を進めているのではないか。そもそも, デジタル・トランスフォーメーションとは, アナログをデジタルへと移行することではなく, デジタル技術を浸透させることで人々の生活をより良いものへと変革することである。

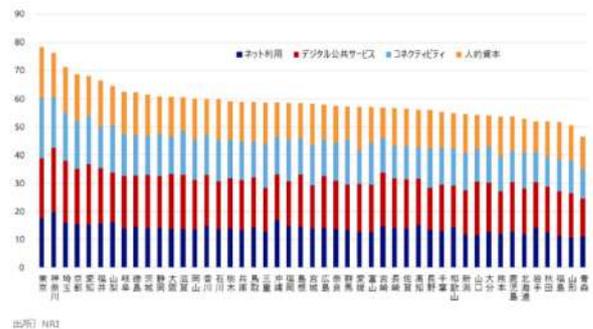


図-1 都道府県別 DCI スコア (2021.7) <sup>1)</sup>

## 2 DX 社会への気づき

「今後 10 ~ 20 年で, 日本の労働人口の 49% が就いている仕事は AI に代替可能」と, 2015 年に米オックスフォード大学と野村證券が日本における 601 種の職業を対象として試算した。仕事をする中で AI に求めるものは, リスク排除や正確性が多いだろう。ソフトバンクロボティクス・ヨーロッパが Pepper と AI を連携させた, 「けん玉実験」がある。最初は人間が Pepper の手をとって, けん玉をデモとしてやってみる。その後, 自己学習で何度やってみるが皿に乗る気配はない。しかし, 70 回目で皿に当たり, 100 回目で皿に乗った (図-2)。以降は失敗がなくなった。これが AI 技術なのである。失敗が許されない自動運転やセキュリティカメラなどのリスク管理に AI が欠かせなくなった理由はよくわかる。正確といえ, 報道キャスターもそうだと言えよう。キャスターに「先ほどのニュース内容に誤りがありましたので訂正いたします。」と言われても時すでに遅く, どこが間違えていたのか記憶を思い返すことは難しい。今では, 朝の NHK ニュースで AI の音声

\*株式会社田中地質コンサルタント 代表取締役, 福井地質調査業協会 会長, 一般社団法人関西地質調査業協会 理事

がニュースを読んでいる。始めは違和感があったものの、今は耳に馴染んで全く違和感がない。このままキャスターも AI に代替え可能な職業となってしまうのか。

ところが、キャスターに求めるものは正確なニュースだけではない。ジョークや NG と稀に出会い、つい笑ってしまう体験を、心のどこかで求めているのである。予測不能な経験と、笑いによる脳や身体への活性効果は、決して間違えない AI ニュースからは得ることが出来ない体験なのである。

つまり、AI やデジタルと常に接点がある安全で正確な生活の中で、身体や生活が豊かで幸せになる体験や経験こそが、デジタルとリアルが一体となる DX 社会なのではないだろうか。



図-2 けん玉にチャレンジする Pepper<sup>2)</sup>

### 3 福井の地質と DX

#### (1) 福井型の CIM

福井県では、平成 29 年より、国土交通省福井河川国道事務所が主管となって「福井 CIM 勉強会」を開催している（現在はコロナ禍等により休止中）。大手のゼネコンや設計コンサルであれば CIM は得意とするところであろうが、地方の中小企業では技術やコスト面もあってなかなか前進しない。何より地盤 CIM を身近に感じていない。そこで、「福井県内の業者が扱える基準を定めれば良いのではないか」という発想で勉強会を重ねた。福井地質調査業協会も第 3 回から参加し、地盤 CIM の福井版を目指した。地盤 CIM の課題は、不確実性を含む地質断面図を CIM の中でどう表現するかである。紙の地質断面図による情報は設計で十分に反映されているのに、CIM になった途端に使いにくさを感じるケースがあるのが不思議である。議論の結果は未だ出ていないが、一般的な設計業務ではあまり必要性を感じていないという意見もあった。しかし、上部構造物が BIM/CIM である以上、地盤 CIM は避けては通られない。このジレンマが、地方の中小企業

の悩みどころであり、技術の進歩の足枷かもしれない。2D から 3D の地盤 CIM を作ると、空間のほとんどが推定になることから、事業全体を把握する時には有効であるが、詳細設計では不都合が生じることがある。今後、AI によって地層境界線の精度が向上するならば、地盤 CIM の利用頻度は高まっていくだろう。しかし、AI による精度を高めるには、膨大な地盤情報が必要不可欠である。DX 化を加速するには、過去の地盤情報の公開や再利用がとても重要なポイントとなる。

#### (2) 地質情報のオープンデータ化

福井地質調査業協会は、行政、大学、関連団体及び専門家と共に、福井地盤図作成実行委員会を立ち上げた（令和元年）。令和 3 年 9 月には、都市防災や建設事業、そして若手技術者の技術の一助とするために、地盤図「福井の地盤」を発刊した（図-3）。福井県で第四紀地盤を解説する書籍としては実に約半世紀ぶりである。同年の「フクイ建設技術フェア」に出展したところ、専門家だけでなく一般の方も来場して、多くの関心や質問をいただいた。「プラタモリ」に代表されるように、最近では地形や地質に興味を持つ方が増えてきたことも効果の要因かもしれない。嬉しいことに、出展ブースの中から「主催者特別賞」も受賞した（図-4）。

現在、当委員会では、令和 4 年より地質情報のオープンデータ化を目指して活動している。特に、これまでオープン化されなかった土質試験のデータを集積・公開することが一番の目的である。

福井県は、地質調査業務で電子納品されたボーリングデータを 2013 年から Geo Station にアップロードしている。毎年更新してくださったことがオープンデータ化に向けて功を奏した。なんとといっても、位置情報や識別番号が整っていたため、今後の処理が格段にやりやすい。とても感謝である。オープンデータ化の目的は、地盤図情報の更新とデジタル活用である。オープンデータ化によって、事業の初期段階で地質リスクを検討できるだけでなく、液状化や圧密沈下などの都市防災への迅速な対応が可能となる。地盤 CIM の加速に大きく期待できることから、この活動は地質の DX 化への大きな転換期だと感じている。

中でも、未来の技術者や研究者へ地盤情報をデジタル伝承できることが最も価値が高い。

#### 4 関西の地質と DX

（一社）関西地質調査業協会広報委員会では、若

**福井の地盤 - 福井平野 -**

編者：福井地盤図作成実行委員会  
発行：福井地質調査業協会

福井県内を対象とした第四紀の地盤に関する書籍は、約半世紀前の1965年に福井県が発行した「福井県水理（地下水）地質図説明書」がありますが、本書は福井平野のボーリングデータおよび土質試験データを地質学・地盤工学・物理探査などの観点から地盤の特徴をまとめ、水理地質図では明らかにできなかった工学的情報を取りまとめた福井県で初めて発行する地盤図となります。

私たちは、社会資本整備の事業計画段階で地質・地盤リスクが抑制できるよう、さらには自然災害や都市災害など対策を講じる未来の地質技術者の役に立てるように願いを込めて、本書を作成しました。皆様にとって本書が、災害から身を守るための一助となれば幸いです。

本書は、以下のURLよりダウンロードが可能です。

<https://www.fk-kosha.or.jp/koueki/books.asp>

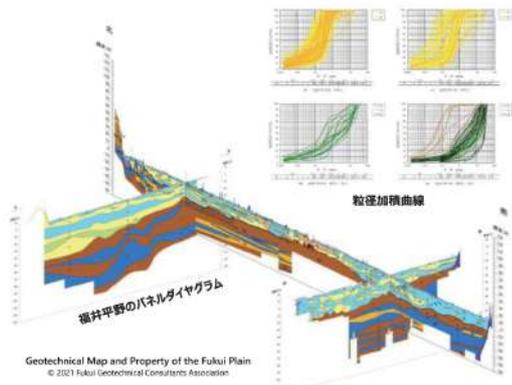


図-3 福井の地盤



図-4 フクイ建設技術フェアで特別賞受賞

手技術者を対象とした広報戦略プロジェクトを2020年より実施している。このプロジェクトでは、2030年に中堅技術者となる現在の若手技術者自身が、「欲しい未来は自分でつくる」をキーワードに、欲しい未来をつくっている。第一期生が思う2030年に欲しい未来は、「自然災害で死者ゼロ」である。2030年といえば、SDGsの目標年であり、世界がサステナブルへと大きく針路を変えた時代が来る。また、エクスポネンシャルによってデジタル技術の成長が今より驚異的なスピードで無限の進化を始めている<sup>4)</sup>と予想され、いわゆる人工知能が人間を超越する特異点が2045年に到来するとも言われている（レイ・カーツワイル、『シンギュラリティは近い』

NHK 出版)。2018年時点で図-6に示す28のテクノロジーが特に影響の大きいエクスポネンシャル・テクノロジー（指数関数的なテクノロジーの進化と成長）だと言われており、地質業界の私たちもAIやDXのめざましい成長に目が離せない。

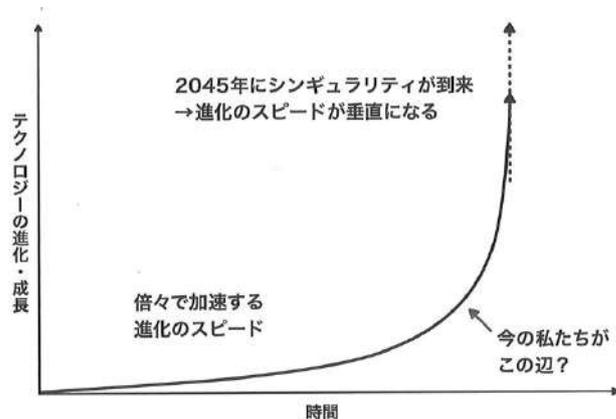


図-5 エクスポネンシャル思考の曲線<sup>4)</sup>

ビッグデータ分析	デジタル取引	人工臓器	携帯式分析機
自動運転車	遺伝子治療	遺伝子編集動植物	モジュール化
再生可能エネルギー	3Dプリンター	4Dプリンター	無人航空機
サービスロボット	知覚インターフェース	センサー群	スマート繊維・素材
バーチャル・リアリティ	拡張現実 (AR)	テレプレゼンス	ナノ素材
ナノ粒子	量子コンピューター	感情コンピューティング	ニューラルネットワーク
群制御・群知能	機械学習	脳とコンピューター結合	シェアリング・エコノミー

図-6 28のエクスポネンシャル・テクノロジー<sup>4)</sup>

一方、自然災害が多発する中で、南海トラフ巨大地震の脅威を抱える関西圏では、自然災害へのリスク管理は最重要事項なのである。

第一期生はバックキャストイング手法を用いて、

今やるべきことに取り組んだ。「自然災害による死者ゼロ」を実現するために、彼らは関西圏に小さなセンサーを設置し、地質に特化した情報と生活データをオープン化することで、自然災害情報に強くなるビジョンを掲げた。データは私たちが業務で取得している専門的なものだけでなく、行政・企業のオープンデータやスマート家電のデータも対象としたところが面白い（図-7）。

一見、地質と生活データは無関係に見えるが、将来、AIによって相関関係が導かれると、身近な自然災害から身を守る最も有効なデータになるかもしれない。つまり、様々なオープンデータのプラットフォームをつくるのが、彼らの「欲しい未来」へとつながっていく。現在、この意志を継いだ「リーフプロジェクト」が発足し、オープンデータ化に向けて若い技術者が開発を進めている。

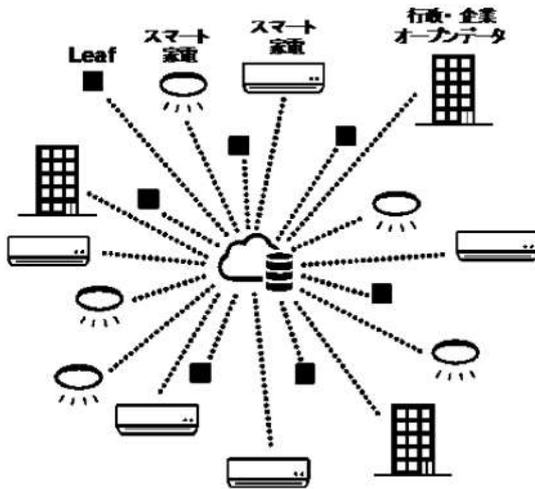


図-7 リーフプロジェクトでのプラットフォーム

## 5 DXで地方を楽しくする

世界の80%以上が所有し一般化したスマートフォンにインストールされている無料アプリの開発コストは、実に数億、数十億円を超えるとも言われている。10年前、数十万円を超える高価なDNA鑑定が、今では1万円未満である。VRゴーグルに至っては、100円ショップで購入できる。

エクスポネンシャル思考では、シンギュラリティに向かうと、技術は大衆化して無料化に近づくとされている。スマホカメラが本家カメラを凌ぎ、医療機器であるAEDはあらゆる公共施設に設置するほど一般化となった。これが、産業革命やSociety5.0といった時代の変化で起こってきた社会変化である。

デジタル技術のように、地質業界が市民権を得て

住民の生活に不可欠だと認識できる日は訪れるのだろうか。その答えを導くために、顧客と私たちの関係について考えてみる。行政やデベロッパーなど発注者とは報告書を提出し検査が終わるとその関係を終えることが多い。しかし、本来は事業全体あるいは、まちをつくっていく長い旅の中で顧客にどう寄り添えるかがポイントなのではないかと考える。そもそも、私たちの顧客とは一体誰なのか。社会資本整備や資源開発に重要な「地質調査」を発注している自治体が本当の顧客なのだろうか。私は社員に、「行政は発注者というより、法令と予算の専門家であり事業を成功に導くためのパートナーである。」と伝えている。であるなら顧客とは、公共施設や社会資本の利用者なのである。道路に例えるなら、目の前を走っていった車（ドライバー）が顧客であり、50年後にこの道を走るドライバーも、また顧客なのである。その顧客がドライブを続けるために、地質技術者が安全や安心だけでなく経験や体験にも寄り添うことが、これからのユーザー中心型のビジネスとして成熟していくだろう。身近な「ローカル」は、顧客に寄り添いつながる上でとても相性がいい。例えば、福井地質調査業協会や関西地質調査業協会といったローカル組織が「死者ゼロ」を目指して、DXを活用した防災訓練や教育体験を顧客へ提供することで末長く寄り添っていく。このような「ローカル型の寄り添い」による体験価値で地域貢献していくことは、モノの価値（報告書）から企業価値（寄り添い）へ変化する意識改革なのである。

田舎だからこそ、ライスタイルに見合った幸福感を得るために、DX社会は欠かせないだろう。人々の幸福が豊かに続くために、地質調査を営む我々もこれまでの固定観念を打破していく潮目が今なのかもしれない。

### 〈参考文献〉

- 1) 日経BP社：「アフターデジタル（藤井保文、尾原和啓）」、2019.3
- 2) [AI Lab] Pepper robot learning "ball in a cup" : [https://www.youtube.com/watch?v=jkaR08J\\_1XI&t=48s](https://www.youtube.com/watch?v=jkaR08J_1XI&t=48s) (2022年9月15日現在)
- 3) 「福井の地盤—福井平野—（福井地盤図作成実行委員会、福井地質調査業協会）」、2021.8, <https://www.fk-kosha.or.jp/koueki/books.asp>
- 4) 大和書房：「エクスポネンシャル思考（齋藤和紀）」、2018.6

# 2021年 TBS 版日本沈没

やまおか こうしゅん\*  
山岡 耕春\*

K  
ey Word

関東平野, スロースリップ, 小松左京, SF, 田所博士, プレート沈み込み

## 1 はじめに

2021年10月からTBS系列の日曜9時枠で「日本沈没」が放送されました。筆者は地震学監修として日本沈没の設定などに加わりました。ここでは設定の背景について解説をしたいと思います。

### 1.1 日本沈没

日本沈没は、日本を代表するSF作家である小松左京(1931-2011)が1973年に発表した小説です。出版と共に大評判となり、すぐに映画(1973年東宝版)やTVドラマ(1974年TBS版)が製作されました。その後も2006年に樋口真嗣監督により再映画化(2006年東宝版)されました。今回製作されたTVドラマはTBSが約50年ぶりに取り組んだものです。小説出版当時の映画やドラマは原作に沿った展開でしたが、2006年東宝版や2021年TBS版では、登場人物やシナリオを時代に合わせて大胆に変更して製作されました。2006年東宝版は大幅にストーリーが変更されましたが、原作にある深海艇「わだつみ」が登場したほか、草薙剛が演じた深海底のパイロットの小野寺俊夫、柴咲コウが演じた阿部玲子、豊川悦司が演じた田所博士は原作のままでした。掘削船「ちきゅう」など多くのメカが登場した一方で、市民の視点からドラマが作られていました。2021年TBS版では2006年東宝版のようなメカは登場せず、また原作と共通の登場人物は田所博士のみでした。それでも、非常に癖のある田所博士を香川照之が演じていました。場面設定は原作に近く、政治ドラマ的な味付けになっています。政府官僚が活躍するところなどは、2016年の東宝映画シン・ゴジラに似ています。

### 1.2 日本の沈み方

原作、1973年東宝版、1974年TBS版とも日本列島が全て沈み、日本人全員が海外移住を余儀なくされています。当時の日本は「島国」という意識や「日本民族」という意識が強く、小松左京も島国に住む日本民族の精神構造に関心を持っていたようです。海に守られて外国からの侵略で国土を失うこともなかった日本列島は日本民族の「家」であり、沈没によって国土を失う日本民族を描いたのが原作でした。時が流れ、2006年東宝版も2021年TBS版も日本列島全体が沈むことはありませんでした。国際交流が盛んになり、個人主義的価値観が強くなった現代の日本沈没は、その沈み方も変える必要があったようです。

原作では国土を失う日本民族への哀愁が物語の底流に流れ、1973年東宝版も1974年TBS版もその感情を踏襲しています。2006年東宝版や2021年TBS版では、日本沈没を自然災害として描き、それに立ち向かう人々や政府を描いています。1995年の阪神淡路大震災や2011年東日本大震災を反映しているのでしょう。2006年東宝版では、掘削船を動員してプレートを爆破し、日本沈没を止め、日本が復興に向かいます。2021年TBS版では、人為的に止めることはなかったものの、最終的には北海道と九州の大部分が沈まず、その後の日本の復興を想起させるものとなっています。

### 2 ドラマの想定

2021年TBS版で、筆者は地震学監修をお引き受けしました。2006年東宝版の科学監修につづく役割で大変光栄に感じています。2019年8月にTBS

\*名古屋大学環境学研究所 教授

のプロデューサーからお話を受け、東京出張の折りに訪問した赤坂のTBSで構想をお聞きしました。そのときに提示された日本の沈没に関する基本的な構想は次の4点でした。①関東沈没から始まる、②地球温暖化を原因とする ③人間による地下への関与も原因とする、そして④北海道が残る、ことでした。台本作りが始まる前にコロナ禍になってしまい、対面の相談ができなくなりましたが、オンライン会議を用いて台本や撮影時の検討課題について、かえって密な議論をすることができました。地震観測に登場する政府機関、スロースリップの役割、関東沈没の予兆として沈む伊豆の小島（日之島）の位置、関東沈没が停止するメカニズム、関東から全国に沈没が拡大するCGの方針、北海道沈没直前で沈没が停止する仕組みなどを決めました。そんなに細かいことを決めなくても良さそうですが、今の時代は録画をした後にコマ送りで画面をチェックしてSNSに投稿するような視聴者もいるので、できるだけ一貫した想定を事前に決めておく必要がありました。そのようにして台本ができあがりました(図1)。

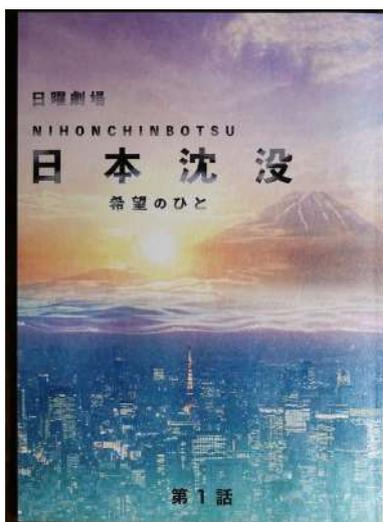


図1 2021年TBS版日本沈没の台本（第1話）

## 2-1 関東沈没—その予兆と停止

2021年TBS版日本沈没は関東沈没から始まります。関東沈没の想定はさほど困難ではありませんでした。関東地方は太平洋プレートとフィリピン海プレートという2つのプレートが重なって沈み込む世界でも珍しい地域であり、その特徴を使えるからです。

プレートはマントルとの密度差による負の浮力で沈みます。関東地方は負の重力異常（ブーゲ異常）が大きいことで知られています。アイソスタシーが成り立つ山岳地域の負の重力異常とは異なり、平野

部における負の重力異常は基盤の沈降を示唆しています。関東平野も沈み込む2つのプレートの作用と考えられています。このようなことを背景にして、田所博士は「太平洋プレート、フィリピン海プレート、北米プレート、3つのプレートが交差する世界でも類を見ない不安定な海域です。この3つのプレートは絶妙なバランスでなんとか均衡が保たれています。」と説明しています。つまり何かの外的擾乱によっていつ沈没してもおかしくない場所が関東地方という設定にしました。

田所博士の関東沈没の予言は、まずは伊豆の無人島（日之島）の沈没から始まります。実は、この日之島の場所をどこにするかも悩みました。原作では日本沈没の前兆として小笠原北方の無人島が沈み、伊豆半島の天城山が噴火しました。2021年TBS版では、それらをまとめて伊豆の小島が沈むことにしています。関東沈没はプレートの作用としたので、小島もプレートの作用で沈ませる必要がありました。伊豆周辺でプレートの作用を強く受ける場所としては、伊豆半島の東側にある相模トラフに近い場所です。ドラマ上、陸地に近い必要もあることから、伊豆大島の東方に設定しました。プレートの沈み込みが進み、プレート表面の張力が増加して正断層ができて、島が沈むことにしました(図2)。

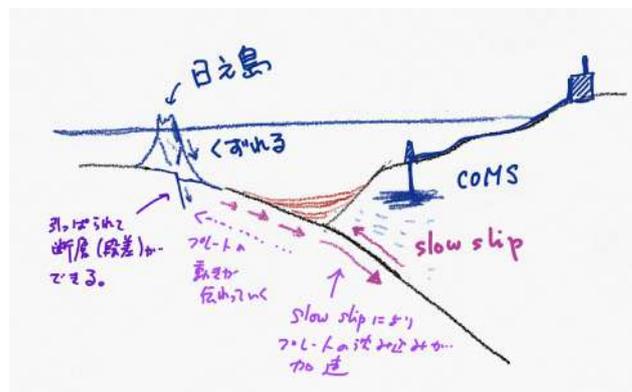


図2 伊豆の小島（日之島）の沈没、スロースリップとプレートとの関連を説明したイラストメモ。撮影スタッフに渡したものを一部見やすく改めた。

関東沈没の範囲についても、シナリオ上の要請から、霞ヶ関は沈めないことになりました。東京都心部の等高線を調べたところ、日比谷公園から国会議事堂に向けて上り坂になっており、日比谷公園と首相官邸の間が新たな海岸線となるような設定ができることを確認しました。そのためか、SNS上ではTBSは残ったが日テレやフジは沈んだ、という様な書き込みもありました。

関東沈没は、田所博士の予想に反して突然停止し

ます。その原因は当初の台本にはありませんでしたが、撮影準備中に監督から説明できるメカニズムを要求されました。結果、プレートの断裂によって関東平野の引きずり込みを止めることにしました。プレートの断裂は、2006年東宝版でも、人為的にプレートを切り離すことで日本沈没を止めていますので、それと同じ発想です。断裂は破壊現象であり、予測が難しい現象です。ドラマ中でも田所博士が「私もただただ驚いている。信じられない結果だ。地球ってやつはつくづく凄いよ。私達の想像をいつだって超えてくる。」とあって、自身も予測できなかったことを白状しています。

## 2-2 スロースリップ

2021年TBS版で初めて登場した現象が「スロースリップ」です。2006年東宝版では、まだ登場していません。スロースリップは21世紀になって確認され(Obara 2002, Rogers and Dragert 2003),その後徐々にその重要性が明らかになった現象です。スロースリップとはプレートが境界面に沿ってゆっくりとずれ動く現象です。南海トラフの場合には、巨大地震を発生させるプレート境界の固着域よりも深部(沈み込んだ先)で発生し、固着域周辺にひずみエネルギーを蓄積させる働きをしています(図3)。しかし、通常の地震のように人間に感じる揺れを発生させず、精密な地震計、GNSSやひずみ計の解析によってやっと検出される現象です。このことはドラマにとっては好都合です。田所博士はスロースリップが日本沈没の前ぶれであると主張しますが、政府側の陰謀によってデータが秘匿され、スロースリップは発生していないとされます。ただし、現実世界では地震計やGNSSのデータは公開されており、地震学の研究者であればだれでも簡単に解析できますので、政府がスロースリップの発生を隠すことはできません。

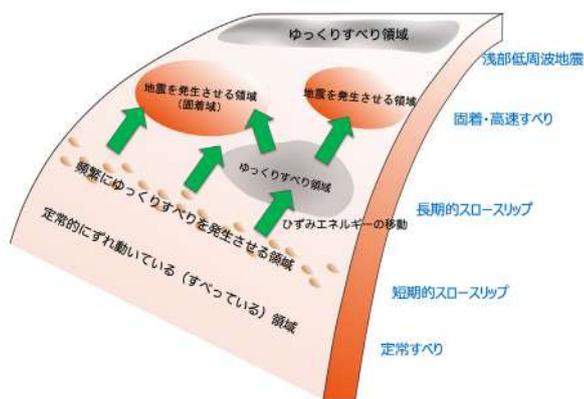


図3 フィリピン海プレート境界面上における様々なすべり(ずれ動き)の様子。

## 2-3 地球温暖化の影響

地球温暖化は、現実社会において非常に重要な地球規模課題です。プロデューサーも日本沈没の原因として是非取り入れたいと考えていました。しかし、固体地球で起きている現象と地球表面の流体層で起きている現象の相互作用は小さく、研究においてもほぼ別々に行われているのが実情です。気象現象では地表地形は動かない境界として扱いますし、プレート運動でも大気現象は考慮しません。日本沈没は基本的に固体地球の現象なので、地球温暖化の影響を取り入れるのは難しそうに思われます。それでもいくつかの現象については、固体地球と流体地球の相互作用の重要性が見いだされています。例えば、津波伝播については、潮位変化による固体地球の変形が津波伝播速度に影響を与えることが明らかになりました(Watada et al. 2014)。2010年にチリで発生した津波が日本に到達時刻が計算よりも30分遅れた原因が、固体地球の変形で説明されました。また気温変化についても地下浅部を伝わる地震波速度に影響をあたえることが示されています(Wang et al. 2020)。

このように大気や海洋の現象が多少は固体地球と相互作用をすることに気を良くして、地球温暖化の影響を拡大解釈して日本を沈没させることにしました。田所博士は「そこに温暖化だ、海面上昇で海水圧も上昇し、その負荷が海底プレートをより不安定にしてしまった」と説明しています。関東地方の下には2つのプレートが沈み込んでいて不安定な状況になっている上に、温暖化の影響がその不安定性を促進したと言っています。温暖化による海面上昇の原因は陸上の氷床の融解と海水温上昇による海水の膨張です。このうち海水の膨張は海底にかかる圧力を変化させません。IPCCの報告によると現在の海面上昇の半分程度が海水の膨張によるものなので、海面上昇のすべてがそのまま海底にかかる圧力上昇になるわけではありません。このように、かなり無理があることは承知で地球温暖化の影響を取り入れました。

ちなみに、2021年TBS版の主人公の天海啓示は環境省の役人で、地球温暖化が日本沈没の原因となる必要があったわけです。

## 2-4 人間による日本沈没への関与

日本沈没をもたらす自然の条件が整っても、きっかけとなる最後の一押しが必要となります。プレート運動によるひずみに比べると取るに足らない潮汐ひずみが最後の一押しで地震を発生させることがあるのと同じです。ドラマ中では日本沈没の最後の

一押しとして COMS が登場しています。COMS は Celestic Origin Mining System の略とされ、日本近海の海底で発見された CO<sub>2</sub> を排出しない新エネルギー源のセルステックを取り出す事業という設定です。

日本沈没ではありませんが、人為的に誘発された地震について近年レビュー論文が出版されています (Foulger et al. 2018)。この論文によると 1868 年から 2016 年までに 700 を越える地震が人為的に誘発された可能性があり、その原因としては、貯水池、高層ビル建設、海岸構造物建設、発破、地下水の汲み上げや地下資源採掘、トンネル掘削、岩盤への流体注入など様々な例が挙げられています。地震誘発のアナロジーからは、地下資源掘削以外にも、岩盤への流体注入も選択してあり得ます。実際、台本の段階では、脱炭素の解決策として積極的に実験が行われている、二酸化炭素の地下貯留に類似する事業を検討していました。ドラマ的には、環境問題解決に貢献する事業が日本沈没の引き金を引いてしまうというおもしろい展開になります。しかしながら、現実社会への影響が大きいと言うことで、最終的には放映された COMS の設定となりました。

## 2-5 日本沈没の拡大

ドラマでは、関東沈没が途中で終わったとした田所博士の確信を裏切り、日本全体の沈没に拡大することになっています。この日本全体沈没にとって、関東沈没は都合が良い場所で起きています。日本列島では、関東から北は太平洋プレートの沈み込みによって地殻変動が支配され、関東から西はフィリピン海プレートの大きな影響を受けているからです。関東沈没によってフィリピン海プレートと太平洋プレートの沈み込みが共に加速し、一気に日本全体沈没に波及することになりました。これは背弧海盆拡大のアナロジーです。私自信がかつて唱えた説 (Yamaoka et al. 1986) ですが、ある条件の場合プレートの沈み込みで海溝が後退し (trench retreat)、背弧海盆が拡大するという考え方です。プレートは沈み込む際に海溝を後退させる力を発生させますが、通常は横方向の支えによって海溝の位置を保ちます。しかしその横方向の支えがなくなると海溝は後退します。実際、琉球海溝の西の端では、プレートの台湾端が自由端となっており、背弧海盆である沖縄トラフが拡大しています。関東直下で加速したプレート沈み込みに引きずられて西日本と東日本のトラフや海溝が後退し、日本列島が沈没します。もっとも仮にそのようなことがあったとしても 100 万年以上のタイムスケールとなります。

ドラマの中では、この拡大が北海道の直前で停止します。私の当初の想定では、本州と北海道の間にある日本海溝と千島海溝のジャンクションで停止させることにしていたのですが、台本上はもう少し明確な根拠がほしいと言うことで、「断層遮断」という用語が導入されました。この用語はもちろん架空の用語ですが、田所博士によると「海底プレートの途中で亀裂が入る現象だ。激しすぎる沈没の勢いが、プレートが耐えきれないほどの負荷をかけた」です。その結果、「関東海底からの影響も遮断される。」ということで、北海道は沈没を免れました。田所博士の予想が外れたのはこれで 3 回目でした。

最後に日本が沈没していく映像は迫力あるものでしたが、よく見ると違和感もあります。沈没していく日本列島に海水が浸入している際には水平の流れがあるはずですが、映像は CG で撮影されたため、どこからともなく海水が湧き出して海水面が上昇していく映像となっていました。かつてのようにミニチュアを造る特撮であれば、そのようなことは起こりえないのですが、CG なので頭の中のイメージが物理法則を無視して実現してしまいます。このあたりは、研究を進めていく上でも、肝に銘じておかなければいけないと思います。

## ▼ 3 おわりに

小松左京の作り出した「日本沈没」というコンテンツは、時代を超えて引き継がれ、その時代を反映した形でリメイクをされてきました。今後も新しい「日本沈没」が作られるときには、どんな想定になっているかが楽しみです。それでも科学者としては、田所博士だけは登場させて欲しいと思っています。

### 〈文献〉

- Obara K., Nonvolcanic Deep Tremor Associated with Subduction in Southwest Japan. *Science*, 1679-1681, 2002.
- Rogers G. and Dragert H. Episodic Tremor and Slip on the Cascadia Subduction Zone: The Chatter of Silent Slip. *Science*, 1942-1943, 2003.
- Wang B, Yang Wei, Wang W, Yang J, Li S, Ye B. Diurnal and Semidiurnal P- and S-Wave Velocity Changes Measured Using an Airgun Source. *J. Geophys. Res.*, <https://doi.org/10.1029/2019JB018218>, 2019.
- Watada S, Kusumoto S, Satake K., Traveltime delay and initial phase reversal of distant tsunamis coupled with the self-gravitating elastic Earth. *J. Geophys. Res.*, <https://doi.org/10.1002/2013JB010841> 2014.
- Yamaoka K, Fukao Y, Kumazawa M. Spherical shell tectonics, Effects of sphericity and inextensibility on the geometry of the descending lithosphere. *Review of Geophysics*, 1986.

# 基礎技術 講座

## 露頭観察

てらだ たかとし\*  
寺田 貴俊\*

**K**ey Word 地表地質踏査, 露頭観察, 安全対策, スケッチ, ルートマップ

### 1. はじめに

露頭観察は、地表地質踏査において、地上に露出している地層や岩体の性状、分布およびそれらの相互関係を観察し、ある地域の岩質分布、堆積時の環境や広がり、地質構造（空間のひろがり）やそれらの形成過程（時間のつながり）などを立体的に明らかにする作業を指す。露頭とは、野外において地層や岩石が露出している場所であり、河床や海岸の崖など自然な場所のほか、林道などの切り割り、工事現場、鉱山など人工的に露出している場所を含む。露頭観察について、本講座の多くの読者が関係する土木地質の分野では、理学的な視点に加え、地質工学的な視点が求められる。以上を踏まえて、露頭観察における基礎知識について説明する。

### 2. 露頭を観察する際のルールとマナー

露頭を観察する際は、ルールとマナーを覚えておきたい。まず、地表地質踏査、露頭観察を計画する範囲の土地の所有者、管理者を確認し、立ち入りに関する注意事項の確認、必要に応じて立ち入りの許可をとる。海岸や河川、公園などが人が自由に立ち入りできる場所の場合は、一般の人に迷惑がかからないように配慮する。実際に露頭を観察する際には、むやみに露頭を荒らすこと、傷つけることはしない。もしも、踏み荒らしたり、土砂や岩石が散らばってしまったりした場合は、埋め戻し、清掃等により状況を復元する。また、土や岩石等のサンプル採取は、許可が得られている場所の場合であっても必要最低限の採取量とすることがマナーである。露頭を観察する際は、現地の保全を心がけてほしい。

### 3. 事前準備

地表地質踏査、露頭観察は、事前の準備をしておくことが重要である。事前準備をしておくことで、効率よく現地調査を進めることができる。事前準備は、調査地周辺の地形、地質情報を机上で調べておく。基図となる地形図や航空写真は、国土地理院の地理院地図（電子国土 Web）<sup>1)</sup> など web 上で手軽に取得できる。可能であれば航空レーザー測量の高精度な地形図があると良い。地形図の縮尺は、調査精度によって決めるが一般的には 1/25,000、1/5,000 などが使われる。地質情報は、産業技術総合研究所地質調査総合センターの地質図 Navi（シームレス地質図）<sup>2)</sup> や地質図幅などの文献を用いて調べておく。広域の地質体、地質構造から、調査地で出現するとされている地質や断層などは把握しておくとうまい。地表地質踏査をするルートや露頭の位置は、地図や Google ストリートビューなどで確認しておくとう現地の作業効率が上がる。また、急傾斜地などの危険な場所、駐車場、トイレ、緊急時の連絡先として警察署や消防署、病院などの情報を調べておく。

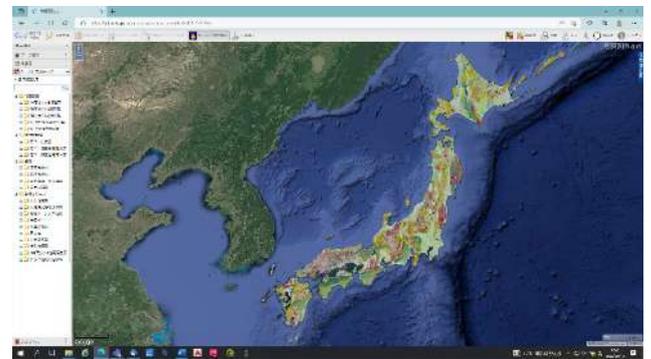


図1 地質図 Navi<sup>2)</sup>

出典：<https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php>

\*日本工営株式会社 基盤技術事業本部 地盤環境事業部 地質部

#### 4. 観察に使用する道具

地表地質踏査，露頭観察の基本的な調査道具は，地形図，岩石ハンマー，クリノメーター，野帳（フィールドノート），カメラ（防水・防塵機能があるもの）などである。また，身なりは，履きなれた靴（トレッキングシューズ，長靴など），長ズボン，帽子（ヘルメット），手袋（軍手等）を着用する。なお，この他に以下の道具があると便利である。

画板，メジャー，油性ペン，色鉛筆，ビニール袋（サンプル採取），フィルムケース（小さいサンプル（化石など）採取），輪ゴム，リュックサック等肩にかげられるカバン（両手があくようにする），古新聞やティッシュ，タガネ（とがったもの，平たいもの2種類），シャベル，ねじり鎌，瞬間接着剤（壊れやすいものの修復），温度計，水量や水質を測る道具，ルーペ，タオル，水筒，雨具，救急薬品，ポイズンリムーバー，熊鈴 など

岩石ハンマーは，岩種や岩質に対して様々なタイプがあり，露頭の新鮮な部分を観察するために表面を剥がすことや，打撃の音や感覚から硬さや風化度を判定することなどに使用する。

クリノメーターは，層理や節理，断層などの面構造の走向と傾斜を計測する道具で，磁石と傾斜計が組み込まれている。通常の磁石とはEとWが反対に表示されている。これは，クリノメーターの長辺を計測する方向に合わせて水平に保つと，表示上の磁針の読みがそのまま走向となる工夫である。

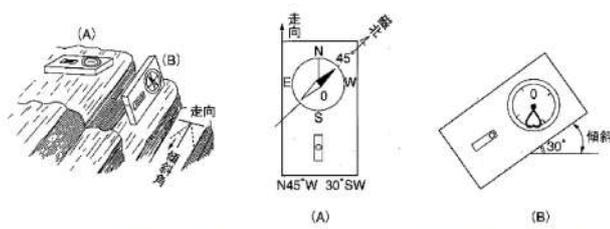


図2 クリノメーターによる走向と傾斜のはかり方<sup>3,4,5)</sup>  
 ((A), 左写真: 走向, (B), 右写真: 傾斜)

#### 5. 安全対策

地表地質踏査，露頭観察中は，交通事故，災害に十分気を付ける必要がある。調査の都度，事前に危険予知活動（KY活動）を行い，現地で注意しなければならないことを確認しておく。例えば，車両に関しては迷惑駐車をしない，地元車優先とするなど，踏査中に関しては転倒，転落，滑落の防止や落石などに注意する。狩猟期間はハンターに気を付けたい。また，天気予報を確認して荒天となる場合や現地で大きい地震が発生した場合は中止する判断が必要である。

露頭ではハンマーやルーペなどを用いて観察をすることから，ハンマーを持つときは素手か滑り止めが付いた手袋を着用する，岩石を割る時は岩の破片が目に入らないように気を付ける（防護メガネがあれば使用する），ハンマーを使う時は周りの様子を良く確認してから行う，ルーペを使用する際は太陽を見たり，いたずらに光を集めたりしないなど注意を要する。

現地調査は自然豊かな場所であることが多く，場所によっては人体にとって危険な生物が生息する。大型動物（熊，イノシシなど）に対しては，車のクラクション，熊鈴などで音を鳴らすことで接近を防ぐ。複数人で踏査する際は，大声で会話をすることも有効である。大型動物に遭遇してしまうことを想定して，熊除けのスプレーを携帯すること，特に熊が多く出没するような地域は，ハンターに同行してもらうことが望ましい。小型動物（マムシ，ヒル，スズメバチなど）や有害植物（ウルシなど）に対しては，身体を露出しない着衣により直接の身体への影響を防ぐ。有害動物に噛まれたり刺されたり，有害植物に触れてしまった場合は，応急措置（ポイズンリムーバーによる毒の吸引，止血，消毒など）をして，速やかに医師の診察を受ける。負傷した際は，自己判断で放置しないことが肝要である。



図3 熊鈴（左）とポイズンリムーバー（右）

表1 観察すべき事項（ダム調査の場合）<sup>4)</sup>

対象	項目	内容
地形	溪谷	谷幅，谷筋の曲がり，山腹斜面，河川勾配，水深など
	尾根	尾根幅，尾根の屈曲，ケルンコルン・ケルンバットなど
	平坦面	隆起準平原，火山性台地，段丘など
	特殊地形	カルスト，地すべり，崩壊，断層谷など
露頭	地質構成	岩種，岩相，時代など
	岩質	硬軟，風化・変質の状態など
	割れ目	分布，性状，連続性，節理・片理面の特性など
	地質構造	整合，不整合，断層，シーム，しゅう曲，層理，片理，貫入などの状況と地層面境界の性状
露頭のない箇所	被覆物	種類，成因（表土，崖錐，扇状地堆積物，段丘礫層など）
		性状（粒度配合，壁の岩種・形状，締まり具合，含水状態）
		分布（厚さ，広がり，成層，連続性曲がりなど）
植生	樹種，樹齢，人工林，自然林，根曲がりなど	
表流水 地下水	木・枝沢	流量，伏流，消滅，湧出，水質，季節変化など
	温泉・噴気	量，温度，含有成分，分布など
	地下水	湧出口の分布・形状，湧出量，水質，水温，季節変化など

## 6. 現地で観察すべきポイント

地表地質踏査について，河川砂防基準調査編（平成26年4月）<sup>8)</sup>では，広域的な地質構造および地質構造の把握並びに以後の各調査の立案，ほかの調査結果の地質解析を行うために，山腹斜面，溪流や河床，人工のり面などの露頭や転石等を調査することを標準としている。また，現地で観察すべきポイントとして，以下の項目等を調査することを推奨している。

- 1) 地質性状：岩種，産状，成因，接触関係（整合，不整合，貫入，断層接触等），地質構造（しゅう曲・同斜構造・断層等），地質時代等
- 2) 地質工学性状：不連続面や弱層（断層，破碎帯，シーム，地すべり粘土，層理，片理，節理，亀裂等）の分布・方向性・連続性・傾度・開口性・挟在物質等，岩盤の風化や変質，未固結堆積物の種類と性状，岩盤の工学的性質（硬さ，透水性）等
- 3) 地下水に関連する情報：湧水やにじみだし，パイピングホール等
- 4) 地質に関連すると考えられる地形の情報：段丘，地すべり・崩壊・土石流・崖錐等の斜面変動地形，鞍部ややせ尾根，緩斜面や急斜面，遷急線，遷緩線，段差，凹地や湿地等
- 5) 地質現象を反映していると思われる植生等

地表地質踏査，露頭観察の精度と有効性は，調査の目的と対象，調査技術者の能力と経験および

露頭の分布状況に影響される。野外情報の何をどのように読み取り，どう判断するかは個人差を伴い，教育訓練が不可欠である。また，調査目的に応じて調査の方法や着眼点が異なることを理解しておく必要がある。

次に，露頭観察をするにあたり4つのポイントを以下に示す。

**ポイント1：露頭から少し離れたところに立って全体の様子を観察する（遠くから全体を見る）**

⇒露頭がもともとそこにあったものなのか（崖崩れなどで他から移動してきたものではないか），地質の構成はいくつに分けられるか，地層の組み合わせはどうなっているか（互層，一部の層が厚く重なっている等），地質境界に不連続なところはないか（不整合などはないか），断層やしゅう曲等は見られないか，などは近づいて観察してはわかりにくい現象である。また，クリノメーターで層理や節理，断層などの面構造の走向と傾斜をはかる前には，はかる位置から少し離れたところに立ち，連続する面構造の全体を通して見渡した上で代表的な走向と傾斜をはかる。

**ポイント2：露頭に近づいて観察する**

⇒地層や岩石はできる限り新鮮な面で観察し，各地質（単層）に注目して特徴を見る。岩石の様子，粒の種類（鉱物，泥，砂，礫，火山灰，軽石），粒の大きさや形状（丸いか角ばっているか）や色，

スランプ構造等の堆積構造はないか、化石や火山豆石等を含んでいないか、特徴ある地層（鍵層）を探しフィールドネームを付ける。

**ポイント3：地質の広がりや歴史を探る**

⇒火成岩の分布、堆積岩の地層が堆積した場所（陸、海底、湖沼）やその後起きた変化（傾斜、しゅう曲、断層、節理、貫入、地すべりなど）を考える。

**ポイント4：土木地質的な視点で観察する**

⇒岩石の硬さ、割れ目の間隔・性状、岩級区分、風化度、変質、破碎度区分、吸水性、透水性、表流水・地下水（湧水量、水質等）などに着目して、対象事業（建設計画、環境保全、維持管理、自然災害対策、防災対応など）で求められる情報を収集する。

図4には、露頭観察票の例（第四紀断層調査（断層露頭に着目した調査）の例）を示す。この露頭観察票は、露頭観察地点毎に作成し、位置情報と位置図、調査目的に関する記事として、地形の特徴、地質構造、破碎帯の状況、被覆層の状況、露頭スケッチ、露頭の特徴を示す代表的な写真を一覧に整理

している。なお、露頭観察票の様式は、調査目的に応じて現地で観察すべきポイントをカスタマイズして整理するものである。露頭観察票の様式を調査前に決めておくことで、複数人で手分けして複数地点の露頭観察をする際、各観察者が共通した着目点の認識を持ち、観察者によって観察した情報の過不足、ばらつきを軽減することができる。

**7. スケッチ作成上の留意点**

露頭観察の際のスケッチ作成は、露頭の地層、岩盤をよく観察することを目的とする。美術的にうまい絵というのではなく、スケッチの途中でどんなことに気づくかを大切に、気づいたことは積極的にスケッチに記入する。スケッチに記入することは、地質境界や層理（露頭の縞模様）、地層や断層の厚さや走向・傾斜、岩石の種類や地層を構成する岩石や堆積層の粒度や特徴などの理学的な情報、また、岩石の硬さ、割れ目の間隔・性状、岩級区分、風化や変質の影響、破碎度区分、湧水の位置や状況、水質（水温、pH、電気伝導率など）など地質工学的な特徴がある。岩石などのサンプルを採取した場合は、採取箇所を示しておく。ス

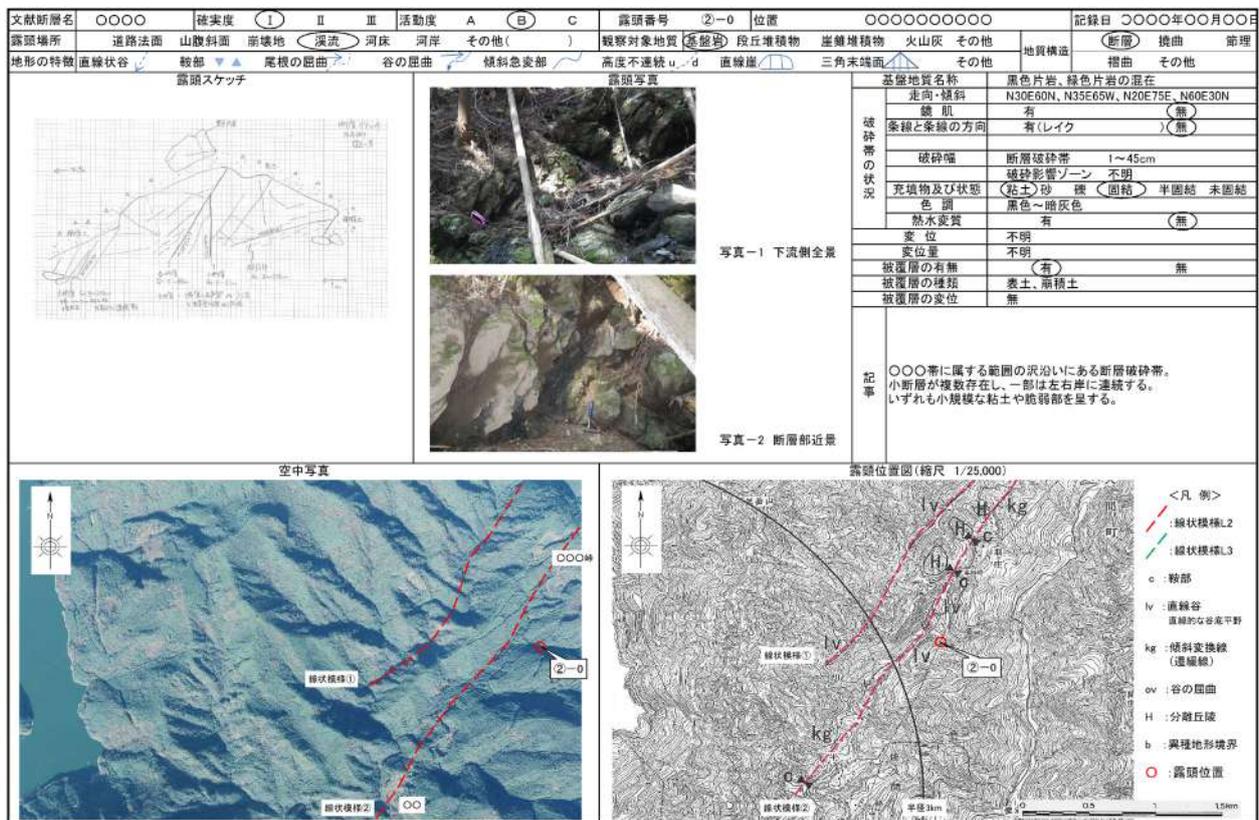


図4 露頭観察票の例（第四紀断層調査の例）

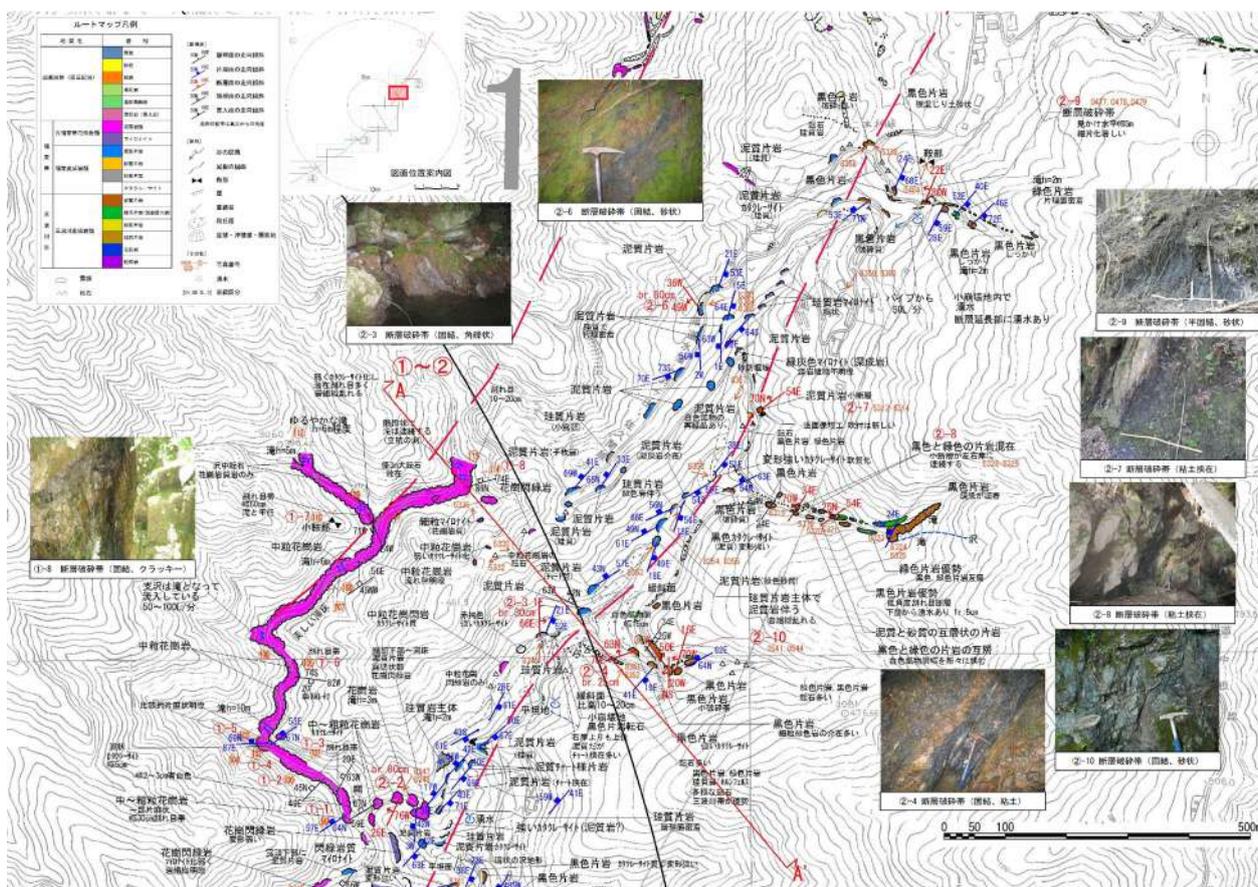


図5 ルートマップの例（第四紀断層調査の例）

ケッチと合わせて露頭の写真を撮影する際は、撮影した位置や方向を示しておく。写真撮影は、できればフラッシュを使わず自然光が望ましい。また、露頭が乾燥しているか、湿っているか、朝と夕方の光の加減によっても見え方が異なるので、露頭の状況で何を一番見せたいかを考慮して写真を撮影する。

スケッチ作成をする上では、切り通しなどの地層を観察すると、削り取られた地層の広がりを考えやすい。露頭を平面的にとらえるのではなく三次元としてとらえることが大切である。

## 8. ルートマップの作り方

地形図は地表地質踏査でルートマップを作るための基本図である。しかしながら、地形図は情報が多すぎて書ききれない範囲があれば、情報が少なく十分な情報が得られない範囲がある。地表地質踏査では、自分が進んだ経路をルートマップとして表わし、それにデータを記入していく。ルートマッピングを行うにあたっては、露頭やルート沿いの地形要素（沢や尾根、上りや下りなど）、構

造物（橋やトンネルなど）を記入しておけば、大きく位置を間違えることは避けられる。マッピングに高い精度を求める場合は、航空レーザー測量に基づく高精度な地形図を使用することや現地でGPSを携行して位置情報を記録することで、位置情報はかなりの精度で正確なルートマップが作成できる。

河川砂防基準調査編（平成26年4月）<sup>8)</sup>では、「地表地質踏査の取りまとめにおいては、踏査結果、踏査密度、地質図の作成根拠等を明確にするため、踏査経路、野帳記載地点（露頭地点、試料採取地点）等を地形図に記入したルートマップを作成することが望ましい。」と書かれている。ルートマップにマッピングする情報は、地質区分、地質境界、断層、走向傾斜、湧水箇所などを正確にかつ簡潔に示すことで、そのまま地質図等作成の基図となることを意識してほしい。

## 9. おわりに

最近では、大学等で地質巡検をする機会が少なく、地表地質踏査をするための知識、経験が乏しい傾

向にあるようである。ここで取り上げた地質調査の基礎である地表地質踏査、露頭観察について、本講座を通じて基本的なことを学ぶきっかけとなることを期待する。

また、最近の地質リスクに関する調査検討では、構想・計画段階、調査・設計段階に地表地質踏査が含まれており、段階に応じたレベルの調査が求められていることから、改めて地表地質踏査、露頭観察の基礎について振り返っていただくきっかけとなれば幸いである。

---

#### 〈参考文献〉

- 1) 国土交通省 国土地理院：地理院地図（電子国土 Web）  
<https://maps.gsi.go.jp/>（2022年9月20日現在）
- 2) 国立開発研究法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター：地質図 Navi  
<https://gbank.gsj.jp/geonavi/>（2022年9月20日現在）
- 3) 社団法人地盤工学会：「地盤調査－基本と手引き－」，2005
- 4) 社団法人土木学会：「ダム地質調査」，1986
- 5) 湊正雄 監修：「日本列島のおいたち－地学教育講座－」，福村出版，1967
- 6) 大久保保雄・藤田至則 編：「新版 地学ハンドブック」，築地書館，1984
- 7) 坂幸恭 著：「地質調査と地質図」，朝倉書店，1993
- 8) 国土交通省：「河川砂防基準 調査編（国土交通省 水管理・国土保全局）」，2014.4
- 9) 一般社団法人 全国地質調査業協会連合会：「地質リスク調査検討業務」の手引き」，2021.7
- 10) 国立開発研究法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター：野外調査－露頭の謎解き－地質を学ぶ，地球を知る  
<https://www.gsj.jp/geology/geomap/process-field/rotou.html>  
（2022年9月20日現在）
- 11) 島根半島・宍道湖中海ジオパーク推進協議会：地層観察の仕方  
<https://kunibiki-geopark.jp/geo-study/2019/03/09/yagaikansatu/>（2022年9月20日現在）

# 盛土・埋土地における空中写真を活用した調査計画の立案と実施

みずの まさゆき  
水野 正行\*

Key Word

埋土調査, 空中写真判読, 谷埋め盛土

## 1. はじめに

私は40年以上地質調査に携わってきた。特に道路・ダム・地すべり等の調査が多く、空中写真判読が必要な業務も多く経験している。

ここで、新設道路を建設する際の調査において人工改変地内に潜在する埋土・盛土の把握と調査計画立案に空中写真が有効であった二つの事例を紹介する。

## 2. 事例1 (採土場沈砂池部の埋土の把握)

新設道路の建設予定地で、高さ10m程の盛土が計画されている所に小規模な池がある(写真1)。



写真1 当初の評価対象となった現在の池(排水路)ヘドロが1m程堆積している。左岸は密実なマサ状強風化岩、右岸は軟質な土砂で、湧水が見られる。

発注者から「盛土前にどのような処理をしたら良いか」と問い合わせがあったため、現地協議に合わせて踏査を行った。その結果、当該地は明らかにマサ土の採土場跡であり、池は沈砂池跡と推測された。池は小規模であるが、ヘドロが1mほど堆積して

いるとのことであった。踏査では、池の半分は密実なマサ状強風化岩が露出していたが、その対岸はポールが人力で1m以上貫入するほど軟質な埋土であり、湧水も看られた。

そこで持参していた当該箇所の空中写真(国土地理院がweb公開している写真)を概略判読したところ、別の埋め戻された沈砂池が複数存在することが判明した(写真2, 図-1)。



写真2 1975年の空中写真(国土地理院HPより)

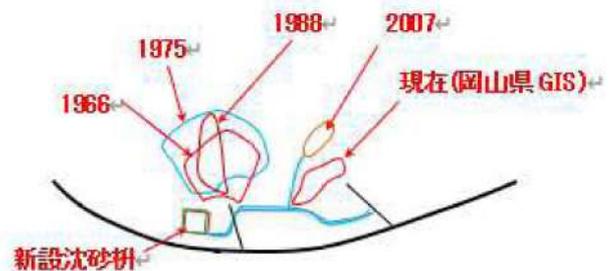


図-1 沈砂池の位置の変遷

4回の沈砂池変遷が確認され、大きく2地区に区分される

現地協議時に、直ちに踏査結果を説明した。この要点は道路盛土の安定評価には古い沈砂池の範囲と埋め土の地盤特性を把握する調査が必要となることである。

\*西部技術コンサルタント株式会社 地質グループ 技術部長 技術士(応用理学部門地質・応用地形判読士)

## 私の経験した現場

さらに後日、経年の空中写真を元に沈砂池の位置変遷状況をまとめたうえで(図-1)、調査計画を立案・提出し、承認された(図-2)。

提案した調査項目は次の4項目で、調査順序は、i)を先行し、この結果を受けてii)～iv)の詳細調査を行うこととした。

### 調査項目

- i) 比抵抗二次元探査：沈砂池の位置や深さ・滞水状況などを把握する（空中写真で現れていない埋土が存在する可能性がある）
- ii) ボーリング調査：埋土の厚さ・土質の把握

- iii) 室内土質試験：物理試験と必要に応じて力学試験（圧密試験・三軸圧縮試験等）
- iv) サウンディング（ラムサウンディング）：ボーリング調査の補間

調査の結果、古い沈砂池は空中写真判読結果と概ね一致する2地区に確認された。詳細調査結果の1例を図-3及び図-4に示すが、古い沈砂池部の埋土の範囲や層厚は10m未満で、緩い砂質土主体であり、圧密沈下が危惧される粘性土はほとんど分布しないことが判明した。計画盛土との関係は図-5の如くで、盛土の安定に問題があることが想定されるものの、比較的簡易な対策で対応可能と判断された。

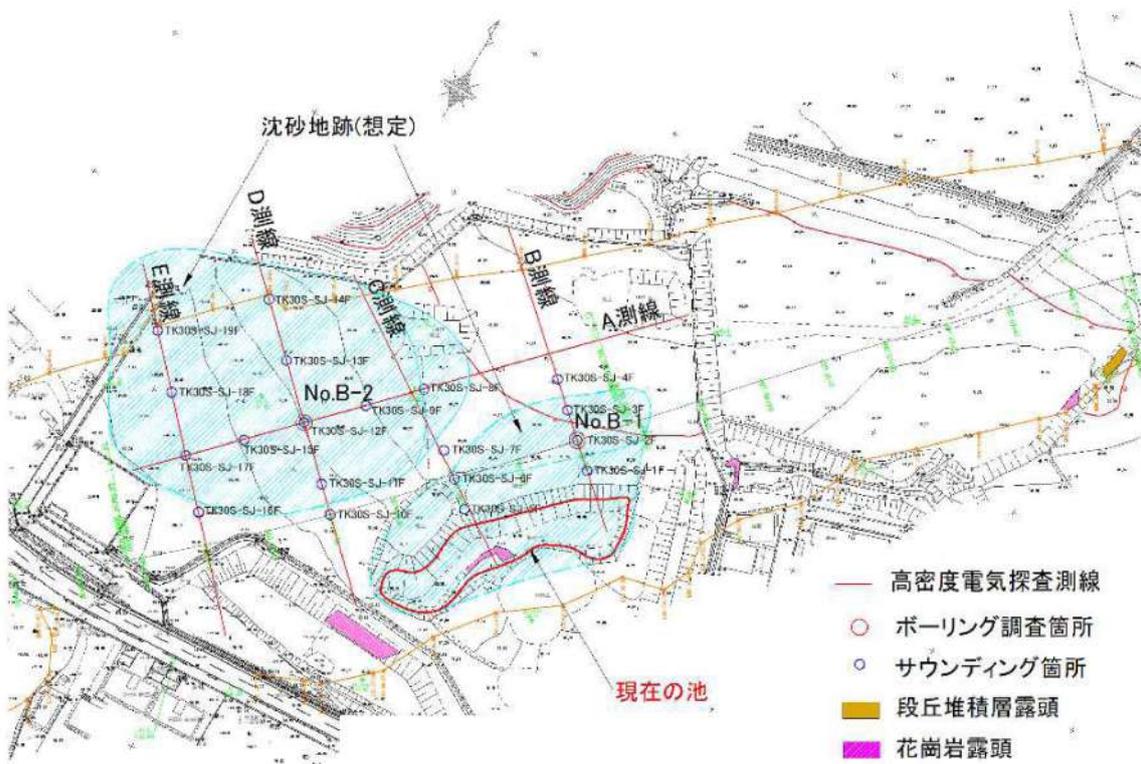


図-2 調査計画図と踏査結果平面図

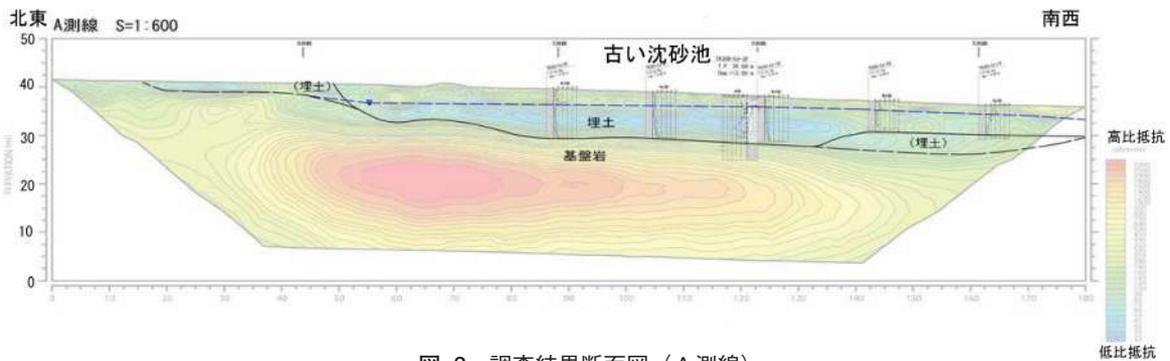


図-3 調査結果断面図（A測線）

沈砂池より山側（起点側）に埋土がないことが確認された

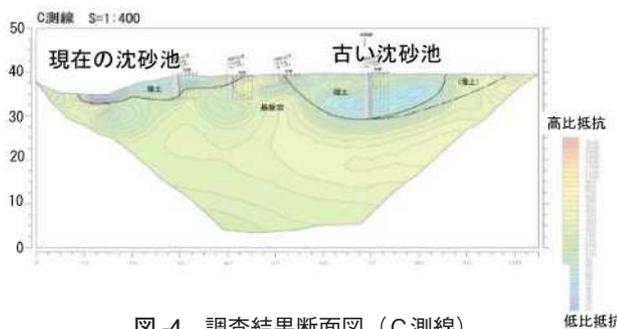


図-4 調査結果断面図 (C測線)

新旧の沈砂池の間は掘削されていないことが確認された

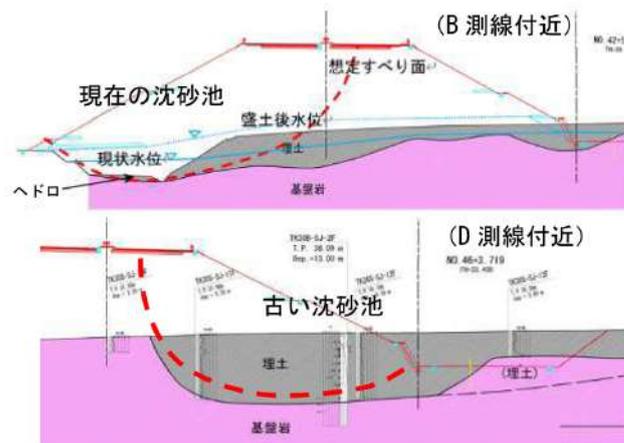


図-5 埋土と道路計画との関係  
赤破線は想定される盛土すべり

### 3. 事例 2 (想定外の谷埋盛土の把握)

本業務は、当初新設道路切土部のボーリング調査のみであった。しかし事前の空中写真判読や現地踏査により、予備設計時に想定されていない谷埋盛土が存在し、それを切土する計画であることが判明した (図-6)。



図-6 計画道路と谷埋め盛土の関係

盛土の経緯について地権者に確認したところ、牛舎新設のために造成した際に、尾根部の切土土砂だけで足りないため、建設残土等が持ち込まれたが、瓦・焼けた木材・コンクリート塊・タイヤ等の産業廃棄物らしき物質もかつての谷部に投入されたとのことである。

この盛土は既往調査では全く把握されず、元の地形や盛土量なども不明であった。このため、造成前に撮影された国土地理院公開の空中写真等から、概略的な地形図を作成した (図-7)。

この地形図と現況地形図から造成量を求めたところ、最大盛土層厚 15.5 m、盛土比高 30 m、盛土量約 5 万  $m^3$  と推定された (図-8)。

当初予定のボーリング位置は、偶然にも元の谷中心付近に位置していたため、当初予定位置のままで調査したところ、ここでは問題となるような盛土材や産業廃棄物は認められなかった。ただし、谷底の堆積物や旧表土は除去されずに盛土されていることが確認された (図-9)。



(1965/5/16 撮影: 国土地理院 HP より)



図-7 空中写真等から作成した造成前地形図

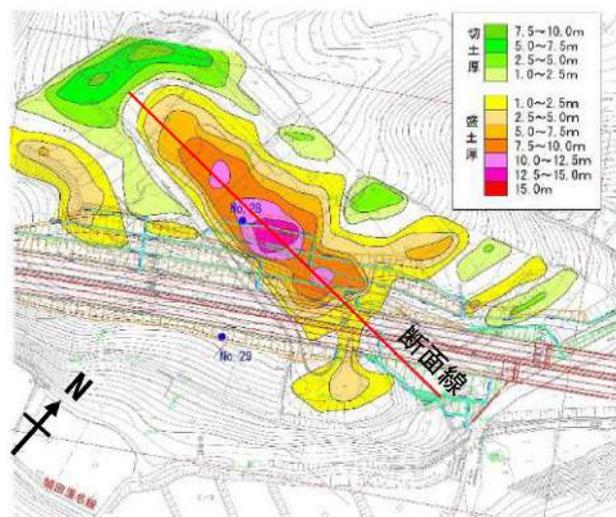


図-8 谷埋盛土の盛土量の推定

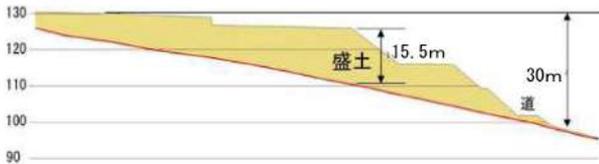


図-9 谷中心部の推定断面



図-10 地質想定断面図 (A)

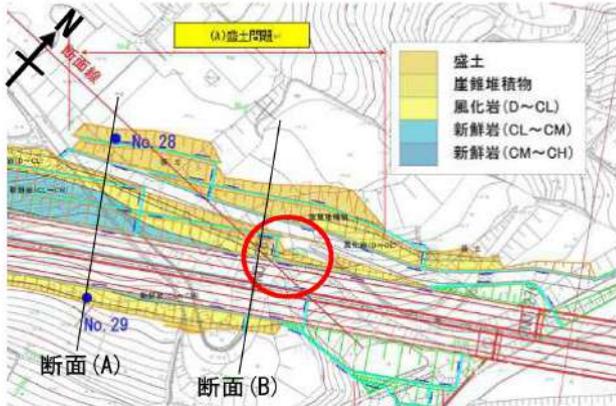


図-11 切土面に出現する地質

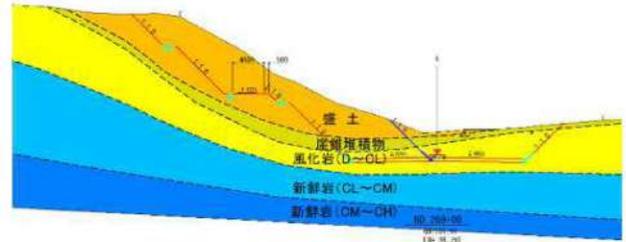


図-12 最大切土部付近の断面図 (B)

ここで問題になるのは、設計では1:1.0の切土を計画していた法面に、ルーズな盛土材が出現することである。そこで、問題となる切土範囲を判断するため、法面の地質を推定した(図-11)。

図-11の赤丸付近が切土法面に旧谷底が露出するところであり、盛土に浸透した地下水が湧出する可能性が高く、豪雨時には法面崩壊を生じる危険性が高い箇所と言える。特に旧表土や谷底の粘性土が除去されていないため、崩壊規模が大きくなる危険性があることから(図-12)、法面保護工の必要性を提言している。また、盛土材に産業廃棄物が混入している可能性があるとのことから、湧水の水質が問題になる可能性があるため、工事前に水質分析を行い、問題になるような産業廃棄物が盛土内に含まれていないか確認することなど盛土全般に対する二次調査を提案した。

#### 4. まとめ

本事例紹介は、応用地形判読士として空中写真判読の有用性と実調査での活用を進めることが目的である。

事例1は設計業務中の現地協議時に、空中写真が有効に活用でき、速やかに調査に移行できた事例である。沈砂池の埋土のため、地下水が賦存している可能性が高いと判断し、高密度電気探査を選定して、良好な結果が得られた。

事例2は、近年しばしば問題視されている「谷埋め盛土」であったことから、取り上げた。今回

のような民間が行った中小規模の谷埋め盛土は各地にあるが、規模の推測が難しいことが問題である。今回の事例では、国土地理院の空中写真からかなりの精度での盛土前の地形図を作成できたことで、推測精度が向上した好例である。

国土地理院が空中写真をweb公開されているので、パソコン画面上でも簡易な空中写真判読を行い、現地状況が予察できるようになった。本事例では特に有効に作用した。

#### 5. その他の問題点

地質調査業界では、大学等で地質学を習得して専門技術者として就職する学生の減少が問題化している。この原因は主に二つあり、一つ目は初等・中等教育時の地学教育機会の減少と地球科学系大学における地質学教室の変質・解体により実験系分野への偏重が進んだことでフィールド系地質学の専門教育を受けた人材が減少したことであり、この結果、地質調査成果の精度低下が起りやすくなり、企業では地球科学科実験系や土木系など他分野の学生を地質専門技術者に育成するための企業内教育に苦慮している。

本事例でも、事前概査段階の地質調査で、問題となる埋土や民間盛土の分布が把握されておらず、調査精度の低下を感じたところである。私も、地質踏査技術や空中写真判読技術を若手へ継承していく必要性を痛感している。

# 大地の恵み

## 広瀬川と竜の口峡谷 ～身近にある自然の恵み～

### 1. はじめに

宮城県仙台市は、政令指定都市として東北地方を代表する都市である一方、杜の都と呼ばれるように自然豊かな自然環境を市街地に有している。

また、仙台市街地を流れる広瀬川は、特徴的な段丘地形を形成し、その流れによって形成された崖地は仙台の大地の成り立ちを伝えている。

仙台藩祖伊達政宗公の居城であった青葉城址の南に竜の口峡谷と呼ばれる谷がある。

竜の口峡谷は、広瀬川へ流れる小沢である古竜の口沢が、広瀬川の河川争奪（河川が流域を越えて隣の河川の水流を奪う現象。新版地学辞典より）によって形成した谷であり、“仙台のグランドキャニオン”（仙台地学ハイキングより）とも呼ばれる（写真-1）。また、奥竜の口と呼ばれる谷奥は、V字谷を形成する秘境である。



写真-1 竜の口峡谷（社内研修 平成17年）

### 2. 広瀬川周辺の地形・地質

広瀬川沿いの崖では、主に新第三紀鮮新世の仙台層群を観察することができる。仙台層群は、下位より亀岡層、竜の口層、向山層及び大年寺層に細分され、2回の高進、海退により形成された地層である（図-1）。2回の高進のうち竜の口の海の高進は、竜の口

層の分布から、現在の仙台湾から奥羽山脈と北上山地の間の低地に沿って岩手県花巻市付近まで広がる内湾性の比較的浅い海であったと推定されている。大年寺の海の高進は、仙台市を北限とすることから、竜の口の海と比べて狭い範囲であったと推定されている。

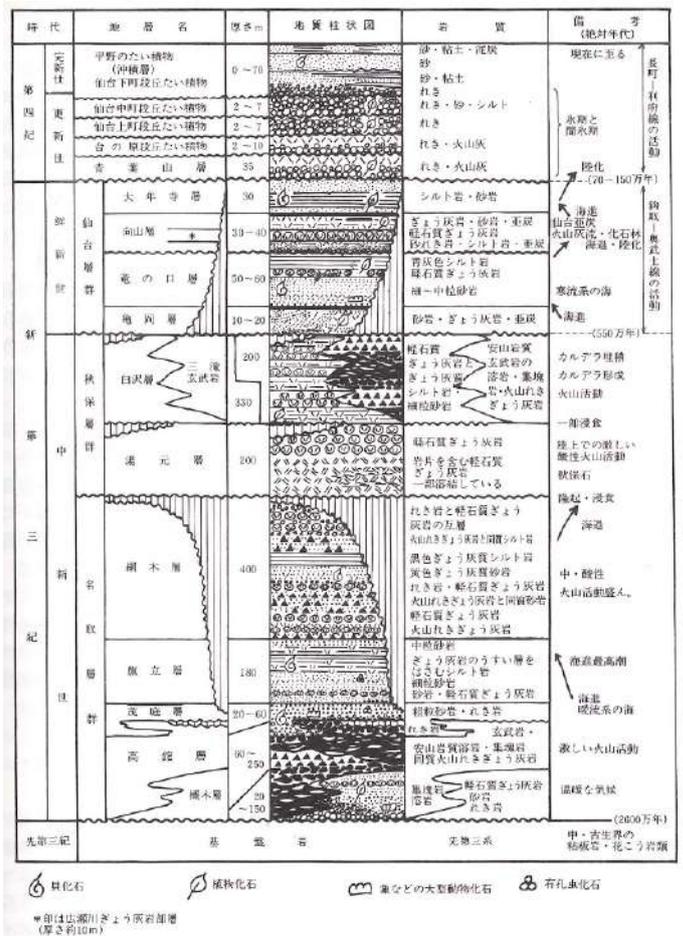


図-1 仙台付近の層序（新編仙台の地学より）  
\*絶対年代は発行当時（1980）の年代

亀岡層、向山層（主部）は低湿地で形成された堆積層と推定されており、向山層（主部）はセコイヤやメタセコイヤの森が繁茂する低湿地であったとき

れている。向山層（広瀬川凝灰岩部層）は、仙台市街地を一瞬にして覆った大火砕流堆積物であり、層厚7m～8mの白い軽石凝灰岩の地層は、広瀬川沿いで良く観察することができる（写真-2）。



写真-2 広瀬川右岸 経ヶ峰の大露頭  
(新人研修 令和2年)

### 3. 竜の口峡谷と竜の口動物群

竜の口峡谷は、河川争奪によって生じた急激な流れによって形成された谷であり、谷壁には竜の口層と向山層が露出する。竜の口峡谷は、鮮新世の竜の口動物群と呼ばれる貝類化石群集の模式地となっており、貝類化石が多産することでも有名である。竜の口動物群は、貝化石のほかクジラ、サメ、鰐脚類、象（センダイ象）などの大型脊椎動物の化石も見つかっている。

竜の口峡谷や広瀬川沿いの竜の口層からは、*Anadara tatunokutiensis* (Nomura et Hatai) (タツノクサルボウ), *Dosinia tatunokutiensis* Nomura (タツノクチカガミ), *Pseudamiantis sendaica* (Nomura) (センダイヌメハマグリ) などの竜の口や仙台の名を冠する絶滅種の化石が多く産出し、運が良ければ大型のホタテ貝である *Fortipecten takahashii* (Yokoyama) (タカハシホタテ) の化石を採取することができる（写真-3）。



写真-3 タカハシホタテの化石  
(新人研修時に採取 令和元年)

以前は多くの市民や学生が市街地の秘境を訪れていたが、現在は落石の危険があるため立ち入り禁止となっている。上流側から入ることができるが、谷壁が崩壊している箇所や、沢の水深が深くなっているところもあり十分な注意が必要である。

### 4. 身近にある自然の恵み

テレビ番組を発端とした地形観察が全国的にブームである（プラ○、すり○学会）。日本地質学会、日本応用地質学会などではアウトリーチとして一般市民に向けた地形・地質巡検を開催しており、この動きは地質調査業界には追風であると感じる。

仙台には、広瀬川周辺や竜の口峡谷のような地形・地質の観察箇所が身近にある。竜の口峡谷は現在立ち入りが禁止されているが、広瀬川沿いの崖から仙台が陸と海の時代を繰り返しながら形成されてきたことや、広瀬川凝灰岩部層から過去には大きな火山活動が仙台近傍で起きたことを感じることができる。

筆者は数年前からインターンシップや企業内研修で広瀬川流域の地形・地質巡検を行っている（写真-4）。巡検は、新第三紀鮮新世の仙台層群と第四紀の段丘地形が中心であるが、宮城、仙台の大地の成り立ちを知る上で大変貴重であると思う。身近にこのような地形・地質を観察する場所があることで常に仙台の大地を学ぶことができることに感謝したいと思う。

地質技術者にとっての大地の恵みである。



写真-4 竜の口峡谷と筆者（平成17年）

[菊地 真：東北ポーリング株式会社]

#### 〈参考文献〉

- 1) 宮本 毅・蟹澤 聡史・石渡 明・根本 潤,2013,仙台の大地の成り立ちを知る,地質学雑誌 第119巻 27-46.
- 2) 地学団体研究所仙台支部編,1980,新編 仙台の地学,きた出版,37
- 3) 地学団体研究所仙台支部編,2011,気分は宝さがし!せんだい地学ハイキング,創文印刷出版,16-17

# 各地の博物館巡り

高知県高岡郡佐川町

## 佐川町立佐川地質館



外観

### はじめに

高知県の基盤地質は、中央構造線の南側に位置するため基本的には海洋プレートの沈み込みによって形成される付加体と呼ばれる地層群で構成されます。付加体地質の特徴として、沈み込み時に様々な年代の地層が集積し、その後の陸化の過程でさらに地層が入り組む複雑な構造を成します。佐川地質館が位置する佐川町は、南北13kmの長さの町ですが、その短い距離の中に、シルル紀～白亜紀までの実に3.6億年間の地層が凝縮されて分布し、付加体を代表する地域となっています。

このように、狭い範囲に幅広い年代の地層が分布するため、明治時代ドイツの地質学者エドムント・ナウマン博士が「日本列島の形成を解明する上で極めて重要な地域」として調査に入り、世界に紹介した町でもあります。当博物館は、このような特徴を学べる場所となっています。

### 展示内容

#### ● エントランスホール

売店の他、入り口で出迎えてくれるのは、子供たちに大人気のティラノサウルス。大きさは実物の3/5、雄叫びをあげてリアルに動く様子に子供たちは泣いたり怯えたり少し心震える時間を親子で楽しめるコーナーです。

#### ● 研究史コーナー

ドイツの地質学者エドムント・ナウマン博士は、明治8年（1875年）から約10年間各地を訪れ、日本の地質の基礎を築かれています。その活動期間中に二度佐川町を訪れ、特異な形態の石灰岩を鳥ノ巢

層（ジュラ紀）として命名されています。その業績や直筆の詩、或いは著名な研究者を紹介するコーナーとなっています。



写真1 来館者を出迎えるティラノサウルス



写真2 ナウマン博士と佐川町の関わりを紹介したコーナー

#### ● ジオファンタジックルーム

恐竜の卵や骨格化石、モササウルス、ウミサソリなどの珍しい化石、現生のクジラの全身骨格の展示、そして地質時代の生き物の進化などが学べる資料の展示があり、地質学を身近な世界として楽しみながら理解できる夢の部屋となっています。



写真3 身近な地質学がテーマの展示コーナー



写真5 高知県の自然災害を紹介するコーナー

### ●主展示室

地球誕生から現代までを色々な角度から紹介すると共に、高知県の地形や地質の特徴を学習できるコーナーとなっています。写真4手前の螺旋塔が地球46億年の歴史を地質塔として描き、それぞれの時代を代表する化石を経時的に並べ、その変遷を見ることができます。



写真4 地質塔や高知県の地形地質を紹介する主展示室

また、プレート運動を解説する動く大陸装置が置かれ、さらに大陸移動のプレート理論を世界で初めて陸上の地層で検証した高知県四万十帯の岩石（枕状溶岩）などの展示、そして複雑な付加体地質を反映する高知県の地形や地質の特徴、そこで発生した自然災害の記録なども紹介されています。加えて、佐川町をはじめとする高知県産化石の展示なども行われています。

### ●立体映像・企画展示室

「よみがえる恐竜たち」と題し、3D眼鏡をかけて見ると画面から恐竜が飛び出してくる映画を上映しています。また、生きている化石として有名なカブトガニやアロワナの飼育展示もしており人気を集めています。

### ●その他

佐川町周辺は、ペルム紀から白亜紀までの保存の良いサンゴや貝、植物などの化石が数多く産出するため「化石の宝庫」とも言われています。当地質館では、子供たちに人気の化石教室や化石（主に三畳紀の貝化石：モノチス）採取の体験ができる学習会なども行っています（写真6）。学習会は要予約制となっていますので、お問合せ下さい。



写真6 大人気の化石採取

## ご利用案内

### 佐川町立佐川地質館

#### ●所在地・連絡先

〒789-1201 高知県高岡郡佐川町甲360番地  
TEL (0889) 22-5500, FAX (0889) 22-5511

#### ●アクセス JR佐川駅より車で3分（徒歩15分）

#### ●開館時間 9:00～17:00

#### ●休館日 月曜日（祝日と重なる場合は、その翌日）

#### ●入館料 一般 個人300円 団体240円 高校生以下 個人100円 団体80円

#### ●ホームページ

<http://www.town.sakawa.lg.jp/chishitukan/in>

〔(一社) 四国地質調査業協会  
吉村 典宏 (株式会社四国トライ)〕

## 各地に残すべき

## 地形・地質

## 中新世のコーンシート群と中央岩脈群（愛知県）

## 1. はじめに

愛知県東部では、中期中新世にカルデラ形成を伴う火山活動があり、多量の火砕流を噴出しました。現在、これらの火砕流は高さ数10mに及ぶ急崖を形成しており、この地域の荒々しい地形を特徴づけています（写真1）。



写真1 火砕流堆積物からなる急崖

本地域の中期中新世カルデラは隆起・浸食により削剥され、現在はその地下構造を観察することができます。カルデラの地下に見られる火山性の陥没構造はコールドロンと呼ばれ、愛知県東部では鳳来湖付近を中心とする設楽コールドロン（古儀，1983<sup>1)</sup>）と、北部の大峠を中心とするコールドロン（高田，1987a<sup>2)</sup>）が報告されています。また、当地域では、カルデラ（コールドロン）形成後の貫入岩体に関する詳細な研究（高田，1987a<sup>2)</sup>，1987b<sup>3)</sup>，下司，2003<sup>4)</sup>）が報告されており、日本では報告例の少ないコーンシートの形成や、これに引き続く中央岩脈群の形成など、カルデラ火山の地下構造とカルデラ形成後の火成

活動史を知る上で魅力的なフィールドになります（図1）。

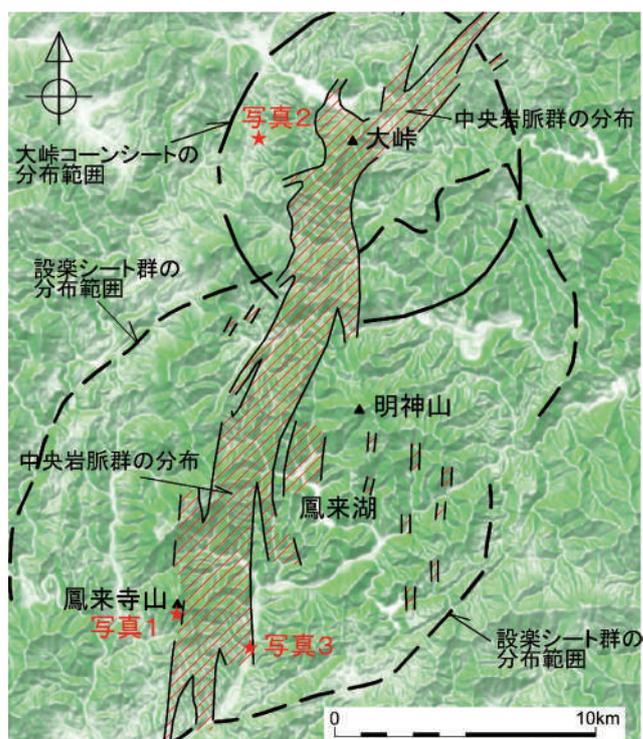


図1 愛知県東部の地形とコーンシートおよび中央岩脈群の分布

地形図は地理院地図Vector<sup>5)</sup>を使用。コーンシートの分布範囲および中央岩脈群の分布は、高田（1987b）<sup>3)</sup>による。

## 2. コーンシート群

北部の大峠周辺では、下司（2003）<sup>4)</sup>によるコーンシート群に関する詳細な研究報告により、カルデラ形成後にはコーンシート群の貫入（図2）に伴って、基盤岩がドーム状隆起に隆起したことが明らかにされています。また、下司（2003）<sup>4)</sup>は、コーンシート群が観察できる林道沿いのルートマップ

を明示しており、このルートマップ沿いに林道法面を観察すると、コーンシートの良好な露頭を見ることができます（写真2）。

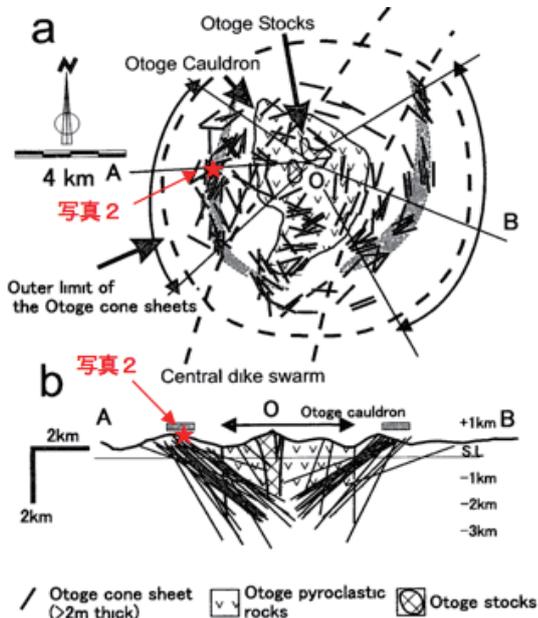


図2 大峠コーンシート群の分布（下司，2003<sup>4)</sup>）



写真2 大峠コーンシートの露頭

### 3. 中央岩脈群

愛知県東部における中期中新世火成活動の最後には、大峠を中心として玄武岩～安山岩からなる岩脈群が形成されました（図1）。同岩脈群は概ね北北東－南南西方向で帯状の領域に分布し、岩脈の厚さは主として1～5 m程度です。岩脈は板状を呈しており、自破碎構造はなく、直線的な貫入面を有しています。新城市の湯谷温泉付近では、形状が馬の背中またはたてがみに似ていることから、馬背（うまのせ）岩と呼ばれる岩脈群の一部を見ることができます（写真3）。馬背岩は1934年に国の天然記念物に指定され、岩脈に至る遊歩道が整備されています。



写真3 中央岩脈群の一部をなす馬背岩

### 4. おわりに

愛知県東部の東三河地域では、中期中新世における火成活動の痕跡の他、中央構造線の露頭など、地質観察に適した箇所が知られており、これらの観察適地沿いに、東海自然歩道などの遊歩道が整備されています。また、鳳来寺山自然科学博物館では、この地域の地質に関する情報以外にも、コノハズク（仏法僧）の鳴き声試聴など、豊かな自然を体験できます。産官学による豊かな自然の保護への取り組みが進んでいる地域であり、ジオパークへの指定を望む声も上がっています。

[株式会社ダイヤコンサルタント 富岡 伸芳]

#### 〈参考文献〉

- 1) 古儀君夫, 1983: 設楽火山岩体の地質と構造 地質雑, 89, 487-500
- 2) 高田 亮, 1987a: 愛知県設楽地方の大峠環状複合岩体中に存在するコールドロンの構造 地質雑, 93, 107-120
- 3) 高田 亮, 1987b: 設楽火成複合岩体の発達史とコールドロンの構造 資質雑, 93, 167-184
- 4) 下司信夫, 2003: 愛知県設楽地域に分布する注記中新世大峠火山岩体の構造発達過程とそのマグマ供給系 地質雑, 109, 580-594
- 5) 国土地理院: 地理院地図 Vector <https://maps.gsi.go.jp/vector/#4/36.104611/140.084556/&ls=vstd&disp=1&d=l>

# 深田地質研究所

ちぎら まさひろ\*  
千木良 雅弘\*

**K**ey Word 公益財団法人, 深田地質研究所, 地質工学, 応用地質学, 地球システム

## 1. はじめに

深田地質研究所（以降深田研）は、1954年（昭和29年）に深田淳夫氏を中心として、地質工学の創造、地質学の普及、地質技術者の職域の開拓を旗印に財団法人としてスタートしました。その後、70年近く経過していますが、おそらく深田研の全体像はあまり良く知られていないように思います。この度、研究所を紹介できる良い機会をいただきましたので、その歴史を振り返りながらご紹介させていただきたいと思います。

深田研は、深田錠造氏を創立代表者、立岩巖先生を初代理事長として発足しました。その後、理事長は深田淳夫（1975～1992）、増田秀夫（1992～1996）、佐藤正（1996～2007）、田中莊一（2007～2014）、滝口志朗（2014～2016）、松岡俊文（2016～2020）、そして2020年に千木良へと引き継がれてきました。



深田地質研究所外観

発足42年後の平成8年（1996年）には、ドイツの三畳紀の赤色砂岩を使って、地質研究所の名にふさわしい新たな建屋に生まれ変わりました。その15年後の平成23年（2011年）には、「地質学や地球物理学等を基盤とする総合地球科学の研究、及び環境、防災、建設等社会発展に係る科学・技術の研究、ならびにそれらの融合的な研究を進めることにより、複合的な地球システムへの理解を増進し、その研究等の活動を継承する専門家の教育・人材育成及び研究助成活動を行うとともに広範な国際交流を通して、これらの先進的成果を社会に広く普及せしめ、もって社会の持続的な発展に寄与することを目的とする」ことを新たに社会に約束し、公益財団法人の認可を受けました。そして、その趣旨に基づいて次の4つの事業を続けてきました。

### 研究事業

#### 普及事業

深田研談話会

深田研一般公開

#### 育成事業

ジオフォーラム

#### 助成・顕彰事業

深田研究助成

深田野外調査助成

深田賞

現在、職員総数19名、内研究員16名（常勤10名、非常勤6名）、事務職3名の小さな研究所です。研究員は、Research Mapとリンクして紹介しています。

私が理事長を拝命しました2020年から現在に至るまで、新型コロナの感染拡大が大きな障害になっ

\*公益財団法人 深田地質研究所 理事長

てきていますが、その中でも、活動を継続し、また、新しい活動を模索してきました。以下、これらの事業についてご説明いたします。

## 2. 研究事業

現在、研究事業としては次のようなテーマを進めています。

### 【地質・地質構造に関する研究】

1. 花崗岩中に形成されるラミネーションシーティングの構造岩石学的研究
2. 花崗岩の冷却節理と風化様式に関する研究
3. コンクリーションの形成メカニズムに関する研究
4. 白亜紀アンモナイト類の古生物学的研究
5. GISを用いた地質情報の可視化に関する研究
6. 大谷石採掘場周辺の塩類風化微地形の研究
7. 高レベル放射性廃棄物（HLW）地層処分に關する地質的研究
8. 関東平野東部の堆積段丘の形成過程に関する研究

### 【斜面災害に関する研究】

9. 四国山地（付加体）の斜面変動の研究
10. 山体重力変形に関する研究
11. 活動的島弧における地質と自然災害に関する研究
12. 理学的知見に基づく土砂災害の危険度評価に関する研究
13. 深層崩壊の発生場と時の予測手法の構築
14. 地震時スプレッド型地すべりの構造と運動像の研究
15. 地すべり地形分布図への危険度情報付加のための研究
16. ネパール・ヒマラヤ中間山地帯の地すべり地形分布図の作成

### 【物理探査と岩盤工学に関する研究】

17. 岩盤構造物の性能評価に関する研究
18. 不連続性岩盤内における流体・物質移動現象の定量的評価技術に関する研究
19. 超高精度微量ガス測定技術の地質工学および産業分野での活用に関する研究
20. コア変形法の高度化と岩石物性に関する研究
21. 岩盤応力測定法の高度化、普及および地殻応力の評価に関する研究
22. 機械学習とシミュレーション（データ同化）による物理探査データ解釈の研究
23. 表面波の入射角による不連続面での減衰率の

違いについての基礎的研究

24. 建設産業におけるデジタルトランスフォーメーションの現状と地質工学分野への適用についての研究
25. 機械学習を用いた、新しい地山評価方法についての研究

### 【石油・ガス資源開発に関する研究】

26. 二酸化炭素の地中貯留や石油増進回収技術における基礎的検討
27. 石油探鉱における AI を利用した解析技術の研究

### 【都内の地形・地盤モデルに関する研究】

28. 3D 地盤モデルと地形・地質形成史の高度化に関する研究



深田研エントランスホールに飾られたアンモナイト（寄贈者：深田淳夫）。奥の壁には、財団法人深田地質研究所のミッション「地質学及びその応用に関する科学研究をし、あわせて斯学の振興をはかり、もって、我が国の文化及び産業の発展に寄与すること」が掲げられている。

研究事業の遂行にあたっては、研究員の自発的な研究を重要視しています。また、従来は科学研究費にはあまり縁がありませんでしたが、今年は主担当課題3件、研究分担課題3件と小さな研究所にしてはかなり高い採択率となりました。科学研究費を取得するためには、研究公正や研究費の適切な使用などに関連して、研究所として様々な規程を定め、また、研究員もこれらの研修を受け

ることが義務付けられており、それにかかる労力はかなりなものとあります。それでも、科研費の採択課題というのは、研究者あるいは研究所として第三者に認められているというステータスでもあり、申請資格維持に努めています。

最近報道されたニュース的な成果としては、我が国で37年ぶりにアンモナイトの新種を発見したこと、長野県辰野町他で住民参加型のハザードマップ作製活動を進めていること、2021年熱海市の盛土崩壊についての新知見が得られたこと、などがあります。これらは、深田研のホームページのニュースからただっていただくことができます。

そのほか、研究委員会として「高精度微量ガス測定技術を用いた各種探査に関する研究委員会」、および「ロックストレス研究委員会」を進めています。

## 研究成果報告会

深田研では、一般を対象とした研究成果報告会は実施していませんでしたが、本年6月30日に初めて、研究成果報告会をオンラインで開き、一般の方約70名のご参加をいただきました。そのプログラムは次のとおりでした。

- 13:00～13:05 開会挨拶  
千木良雅弘理事長
- 13:05～13:35 深田研の事業紹介  
船戸明雄副理事長
- (5分休憩)
- 13:40～14:25 「花崗岩の奇岩の正体」  
千木良雅弘主席研究員
- 14:25～15:10 「温暖化対策としての二酸化炭素地中貯留技術(CCS)の最前線」  
松岡俊文特別研究員
- (10分休憩)
- 15:20～16:05 「熱海市逢初川の土石流災害の地形・地質学的背景」  
木村克己客員研究員、千木良雅弘理事長、金子誠主査研究員
- 16:05～16:50 「上部白亜系双葉層群足沢層から産出したコニアシアンのアンモノイド」  
村宮悠介研究員
- 16:50～16:55 閉会挨拶  
船戸明雄副理事長

本報告会は初めての試みでしたが、比較的高評価をいただいたと思います。これからも、オンラインを活用した情報発信に努めたいと思います。

## 深田研年報

研究成果は、一般学術誌に投稿するとともに、年1回「深田地質研究所年報」に掲載してきました。これは2000年から開始し、今までに22号発行し

てきました。内容的には、一般学術誌とは一線を画すような内容、たとえば、データやノウハウを詳述する、あるいは、学術的内容というよりも読者にとって有益な情報を執筆するように、近年は心がけています。



深田地質研究所年報

昨年度から、年報をホームページで公開するようになりました。また、既刊号についても、著作権の問題をクリアできた論文から、ホームページに公開しています。

## 3. 普及事業

### 深田研談話会

深田研談話会は、地球システムに関わる内外の研究や技術開発の状況や成果を広く紹介し、併せてそれらの成果の社会利用を図ることを目的とし、1997年から開始しました。2020年2月に第197回を開催し、その後は新型コロナ感染拡大のため、休止しています。私は休止前に何回も参加させていただき、その熱気を肌で感じてきましたが、私が常勤理事になってからは開催されていないため、主催者としての感覚はまだ持っていません。2019年度の談話会のテーマは、次の通りでした。

第192回 「ジルコン年代学に基づく西南日本の地質構造発達史」

講師：早坂 康隆氏（広島大学大学院理学研究科准教授）  
日時：2019年4月20日（土） 14:30～16:00

第193回 「日本の魚類化石を観る」

講師：宮田 真也氏（学校法人城西大学 水田記念博物館 大石化石ギャラリー学芸員）  
日時：2019年5月18日（土） 14:30～16:00

第194回 「海底から探る南海トラフの断層活動と地震履歴」

講師：芦 寿一郎氏（東京大学大気海洋研究所 海洋地底

質学分野 准教授)

日時：2019年7月5日(金) 18:00～19:30

第195回 「赤色立体地図の発想と応用－1枚の正射画像で立体的に地形を把握できる手法の発見」

講師：千葉 達朗氏(アジア航測株式会社先端技術研究所 千葉研究室 室長, フェロー)

日時：2019年11月15日(金) 18:00～19:30

第196回 「[「チバニアン」と地質時代」

講師：岡田 誠氏(茨城大学理学部地球環境科学領域 教授)

日時：2019年12月13日(金) 18:00～19:30

第197回 「炭鉱と鉄道 - 釧路炭田を中心に -」

講師：石川 孝織氏(釧路市立博物館 学芸専門員)

日時：2020年2月7日(金) 18:00～19:30



深田研談話会の様子(2019年)

このように、テーマは純粋科学的なもの、応用的なもの、ミックスしたものとなっています。また、普及の対象としては、地球科学に興味を持っている方、実際にその世界で働いている方などを対象としています。

談話会の内容は適宜深田研ライブラリーとして刊行してきましたが、昨今のオンライン化や著作権の問題を踏まえ、印刷媒体からの移行を検討しています。

### 深田研一般公開

一般公開は、特に深田研近隣の人を主たる対象として毎年10月に実施してきました。2019年は、深田研の研究を一般の方にわかりやすく説明する深田研レクチャー、体験学習(アンモナイトアクセサリ作成、化石発掘体験)、防災教育、展示(化石、世界のクリノコンパスなど)とともに、日本古生物学会ご協力のもとに化石の日スペシャルトークを実施しました。2020年には、対面での一般公開は中止し、「うちで深田研」を、各地の博物館等をオンラインでつないで、「深田地質研究所のご紹介」と「化石

の日2020スペシャルトーク」のプログラムを配信しました。「化石の日2020スペシャルトーク」では、ゲストナビゲーターに真鍋真氏(国立科学博物館/群馬県立自然史博物館)と中島礼氏(産総研)をお迎えして、各地の博物館のみなさんに中継でご出演いただきました。

### ジオ鉄

「ジオ鉄」は鉄道を利用しながら沿線に広がる自然を楽しむ旅を通して、地球の成り立ちと大地の変化に想いを馳せることで、深田研ジオ鉄普及委員会によって運営されています。この活動については、藤田(2021)に取りまとめられています。国際惑星地球年(2007-2009)を契機に2009年から当研究所発信で始まった取組み「ジオ鉄」(商標登録第5378786号)の活動は、鉄道分野に精通した地質技術者の協力のもと当研究所を中心に活動が継続されています。鉄道を通じて「見る・触れる・感じる」ことのできる地質・地形遺産や、鉄道と深く関わる文化遺産、ルート選定の苦難のエピソードを読みとくしながら、沿線の見どころを「ジオポイント」として発掘し、鉄道を利用したジオツアーの楽しみ方を提案し続けています。今までに、5つのジオ鉄路線(JR四国・土讃線、土佐くろしお鉄道ごめん・なはり線、JR四国・予土線、JR東日本西日本・大糸線、JR北海道・富良野線)は地球科学系の学会で公表し、三陸鉄道南北リアス線でのジオ鉄活動は、三陸鉄道株式会社の震災復興にも大きく寄与することができました。これらの活動は、新聞、テレビなどのメディアでも大きくとりあげられてきました。現在は黒部峡谷鉄道や紀勢本線のジオ鉄活動を展開中である。現在までに、土佐くろしお鉄道ごめん・なはり線、JR大糸線、および三陸鉄道のジオ鉄マップが完成し、ジオ鉄の普及に大きく寄与しています。

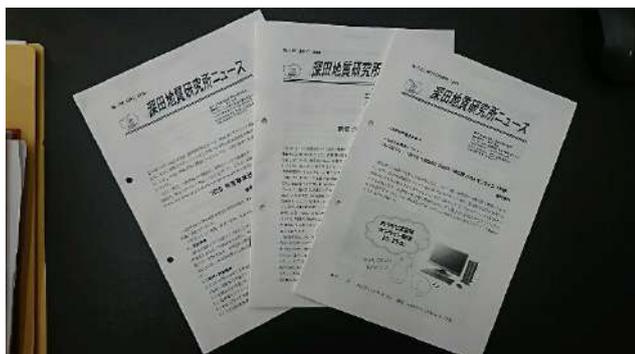
日本地質学会が主催する地球惑星フォトコンテストの第6回からは、最優秀賞、優秀賞、ジオパーク賞等と並んでジオ鉄賞を設け、活動を支援しています。

### その他の普及活動

講演会への講師派遣協力、国土交通省編集のビデオ作成への協力や、博物館での一般講演への協力、化石の貸し出しなどを実施してきています。

また、最近5年間で17件の公的委員会のメンバーとして実績に基づく意見発信を続けてきています。

深田地質研究所ニュースを隔月で発行し、関係機関や深田研の会員に配布しています。



深田地質研究所ニュース

## 4. 育成事業

### 深田研ジオフォーラム

深田研ジオフォーラムは、丸一日をかけて、その分野の第一人者をお呼びして、レクチャーしていただてきました。

最近のテーマは次の通りでした。

2019年度 「平野と山地の地盤災害を考える～災害列島での調査経験から～」

講師：上野将司氏（応用地質株式会社社友）

2018年度 「地質痕跡と古文書から過去の地震津波の実像に迫る 一津波研究者は探偵である一」

講師：都司 嘉宣氏（深田地質研究所 特別研究員）

2017年度 「防災事業における地形認識の重要性 一自然災害の素因としての地形、誘因としての自然現象一」

講師：鈴木 隆介氏（中央大学名誉教授、国際地形学会（IAG）名誉会員、日本地形学連合（JGU）名誉会員、日本応用地質学会名誉会員）

2016年度 「土木分野における地下水の課題」

講師：西垣 誠氏（岡山大学 名誉教授、岡山大学大学院環境生命科学研究科 特任教授）

2015年度 「活断層に関連する最近の話題と課題」

講師：岡田 篤正氏（京都大学名誉教授）

2014年度 「日本の火山活動と火山防災」

講師：藤井 敏嗣氏（東京大学名誉教授）

2013年度 「岩石・岩盤の風化・侵食と斜面プロセス」

講師：松倉 公憲氏（筑波大学名誉教授）

2012年度 「露頭からテクトニクスへ 一地層から読み取る日本列島の成り立ち一」

講師：高橋 雅紀氏（独立行政法人 産業技術総合研究所）

毎回、研修ホールがほぼ満席の状態、大変好評を博してきましたが、残念ながら2019年度を最後に未だに中断した状態にあります。

## その他の育成活動

学会などの講習会への講師派遣協力など、関連分野の研究者・技術者の育成につとめています。

## 5. 助成・顕彰事業

### 深田研究助成

深田研究助成は、1993年度に「地質学及びその応用に関する研究・調査等に対する助成」としてスタートし、2011年度の公益財団法人移行年から門戸を広げ、「複合的地球システム及びその社会とのかかわりに関する研究等」を対象として継続してきています。その募集にあたっては、研究内容が野外調査もしくは試験、実験を含む内容であることを求めており、これは、本研究助成が地に足をつけた研究を応援しようとする姿勢の現れでもあります。助成対象者は、大学またはこれに相応する教育・研究機関において、研究に従事している個人で、所属教育・研究機関の研究指導者の推薦を受けた大学における助教あるいは大学院博士後期課程在学者、または博士後期課程への進学が決まっている者、またはこれと同等と考えられる研究者です。申請課題は、深田研とは独立した選考委員会で審査し、毎年、総額500万円で10件程度採択してきました。2021年度までに合計322件の研究課題を助成しました。早期の助成対象者には現在学会などで活躍されている方が多数あり、そうした人の草創期の研究を応援できたことを誇らしく思います。

### 深田野外調査助成

深田野外調査助成は、2018年度から開始しました。これは、近年野外調査を伴う研究が行いにくい状態になりつつあることを背景とし、野外調査の支援に特化した助成です。野外調査教育の下支えを意識しています。対象は、「大学に在学中で、地質・地球物理・地球環境・地盤・建設・エネルギー資源などの分野を専攻する学部生、博士前期課程（修士課程）及び博士後期課程の学生。また、高等専門学校の専攻科に在籍し、上記の分野を専攻する学生」。これも研究助成と同様の審査を経て、1件15万円以内で、毎年20件程度の課題を採択してきました。2021年度までに合計85件の課題を採択しました。採択された課題は、終了時にルートマップやフィールドノートを提出していただくこととしており、それによって研究の様子をうかがうことができ、私も学生時代を思い起こしながら拝見しています。採択者の評判は上々のようです。

## 深田賞

応用地質学, さらには複合的地球システム及びその社会とのかかわりに関して著しい功績が認められる個人または団体を顕彰するものとして, 2022年度から開始しました。これは, 深田研の創設時の精神に則ったもので, 日の当たる人たちだけでなく, それを下支えした人も含めて顕彰し, それがまた後進の励ましになるように創設したものです。選考委員会にて候補者を選考し, 最終的には理事会で決定します。深田賞は, 申請ベースですので, 適切な方や団体がありましたら, 是非, 推薦いただきたく存じます。

## 6. 今後に向けて

深田地質研究所は, 地質工学の創造を旗印に発足し, いくつかの変遷がありました。発足当初の理念は綿々として受け継がれています。その間, 大きな転換点は, 2011年の公益法人化時, そして2020年から今現在続いている新型コロナ蔓延期であると考えます。公益法人化にあたりましては, 先に述べました4事業を定款に謳いました。新型コロナの感染拡大は, 3年近くにわたって人の集まりを阻害してきていますが, それと並行してインターネットを用いたオンライン化が一挙に進み, 社会を変えました。深田研もこれを機会に大きく変わりつつあります。考えてみれば, 従来は講習などを受けるのに離れた講習会場に足を運ばなければなりませんでした

が, 今はパソコンの前に座るだけで良いのですから, 隔世の感があります。多くの人を対象とする場合, 対面だけでなく, オンライン参加も含めることで情報発信先は比較できないくらい広がります。当所でも, 一般向けの研究発信, 普及・育成事業に大きくオンラインを取り入れつつあります。2020年10月には一般公開に替えて「おうちで深田研」を, 2022年度6月には研究成果報告会をオンラインで実施しました。今後も, 深田研の事業には, 対面の良さも残しつつ, 大きくオンラインを取り入れていきます。

深田研は, 公益財団法人として公益に資する活動を継続していく所存です。そのためには, 皆様のご協力が不可欠です。どうぞ, これからもご理解とご支援をよろしくお願いいたします。

### 〈参考文献〉

- 藤田勝代(2021): ジオ鉄の取り組み(2013-2021年の活動記録) - 深田研ジオ鉄普及委員会設立後のあゆみ. 深田地質研究所年報, 22, 165-184.

### Web サイト

公益財団法人深田地質研究所  
<https://fukadaken.or.jp/>

事業	項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
研究	深田研年報												年報刊行	
	研究成果報告会							成果報告会						
普及	談話会 (D)	D	D		D	D		D		D		D	D	
	ニュース (N)	N		N		N		N		N		N		
	一般公開											一般公開		
育成	ジオフォーラム													
助成・ 顕彰	研究助成	募集				採択通知							募集	
		翌年成果報告書締め切り												
	野外調査助成	募集				採択通知								
		調査報告書締め切り												
深田賞		表彰			募集									

深田地質研究所のカレンダー

# 地質技術者に求められる 10の資質と姿勢

かもい ゆきひこ  
鴨井 幸彦\*

**K**ey Word 地質技術者, 資質, 姿勢

## 1. はじめに

近年、日本の「国力の低下」に関する報道や指摘にたびたび接するようになり、日常生活でもそれを実感するような場面に遭遇することが増えてきた。こうしたいわゆる劣化現象は、政治、産業、技術、学術（研究）などいろいろな分野に見られ、近い将来、日本が目標とされるような先進国ではなくなることが憂慮される状況となっている。

ひるがえって、わが地質調査業協会に目を転じてみると、「技術の伝承」が叫ばれて久しい<sup>1)~4)</sup>が、その取り組みが必ずしも功を奏しているとは言い難いというのが現状であろう。

一方で、業務を通じて発注者から提供された既存資料について閲覧する過程で、事実に基づいて論理を組み立てる科学的なプロセスを無視した、根拠のあいまいなアイデア先行型、想像めぐらし型、既存文献や資料の良いところ取り型」ともいえる報告書や、地盤の成り立ちを考えない地質断面図を従前よりも頻度高く目にするようになり、無力感や諦念にかられることが多くなってきた。

その原因は単純なものではなく、恐らく、このところ急速に進みつつある業務の内容や処理方法（ツール）の変化、専門課程での地質調査の実習体験不足、働き方改革にともなう職場環境の変化、学校教育の停滞と変容、屋外で遊ぶ機会の激減（山野での身のこなしに影響）、若年層を中心とした価値観の変化・多様化等々いくつかの要因が複雑に絡み合っているものと推察される。こうした原因を解明し、悪しき(?)傾向を排除することは、世の中全体の仕組みに関わることなので、個人や一組織のレベルではとても太刀打ちできるものではない。

こうした中、北陸地質調査業協会では、令和4年

3月に技術伝承プロジェクトの一環として、「北陸3県の地盤と若手技術者に伝えたいこと」をテーマに講演会が企画された。この行事は、新型コロナウイルスの感染拡大のため延期されたが、現時点で本年12月に開催が予定されている。

筆者は、当日の講演者の一人として指名されたため、講演に向けて、地質技術者として身に着けたい心得や業務への取り組み姿勢、守るべきこと、注意すべきことなどを自分なりに整理し、「10の資質と姿勢」としてまとめてみた。これらの内容は、若手だけでなく中堅技術者にも役立つ点があるのではないかと考え、僭越ながらここに紹介させていただく次第である。

## 2. 地質技術者に求められる資質と姿勢

### (1) 十分な地（質）学的教養（知識・技術・経験） を身に着けていること

圧倒的な量の正確な知識を持っていることで、初めて発注者からの信頼が得られる。豊富な経験や知識を持って臨めば、おのずと発注者との会話も弾む。発注者に言われたとおりになる、聞かれたら答えるのではなく、逆に発注者をリードするくらいの気持ちで、主体的に業務に取り組むことが肝要である。

よく国語の読解力を養うために国語辞典を読むことを日常（あるいは趣味）にしている人が居るが、自分の好みに合った地学関係の辞典を読むこと（拾い読みでも良い）は、きちんとした知識を身につける上で極めて有効だ。地学事典（平凡社、1996）、地形学辞典（二宮書店、1981）、自然災害科学辞典（築地書館、1988）、地盤工学用語辞典（地盤工学会、2006）などがおすすめである。若手技術者にとって

\*株式会社 村尾技建 技師長（元 北陸地質調査業協会 技術委員長）

は、技術士の受験対策にもなるので一石二鳥だ。ベテラン技術者にとっても思わぬ気づきがある。

近年、「地質リスク」に関する事例研究が増え、事前の予測とそれを見越した十分な地質調査の必要性が説かれているが、<sup>ゆめゆめ</sup> 努々「地質リスクならぬ地質技術者リスク」になってはならない。

## (2) 地質調査の仕事に興味を持って取り組むこと

少なくとも嫌いではないということが求められる。「好きであれば続けられる、苦勞を苦勞と思わない」という感覚は、達人に共通しているようだ。以下にいくつかの例を示す。

- 仕事ってね、つらい思いしてたらロクなものできないのよ。やっぱり楽しくね。(甲府の宝石研磨職人, NHK「小さな旅: 石も喜ぶ宝石の街, 2021.2.21 放送」)
- すきこそもののじょうずなれ, と言います。好きじゃないことで上手になろうとしたら, 大変な努力が要りますよね。しかも最終的にはたぶん, うまくいかないでしょうね。(養老孟司, 「自分」の壁, 新潮新書, 2014.6)
- 面白いからやる, 好きだからやる, 楽しいからやる。(絵本作家 手島圭三郎, NHK「日曜美術館: 北の息吹を刻む, 2021.10.31 放送」)
- 楽しむってことがとても大事なんではないでしょうか。(筑波大教授 征矢(そや)英昭, NHK「ヒューマニエンス: 走る, そしてヒトとなる, 2021.11.25 放送」)
- 肝心なのは「好きなことを仕事にする」こと。(ファッションバイヤー兼アドバイザー MB, もっと幸せに働こう, 集英社, 2019.9)
- 好きで好きでしょうがないのがDJ。自分が好きだと, やっぱりこう, 想像力がわいてくるんです。(NHK「金よう夜 きらっと新潟: DJ 松永の特別授業, 2022.9.2 放送」)
- 「職業の道楽化は, 職業を道楽とすること, それ自体において十分酬われるばかりでなく, 多くの場合, その仕事のカスとして, 金も, 名誉も, 地位も, 生活も, 知らず識らずに恵まれてくる結果となるのだから有難い。」それは「すべての人が, 各々その職業, その仕事に全身全力を打ち込んでかかり, 日々の勤めが愉快でたまらぬ, 面白くてしょうがない」という境地のことである<sup>5)</sup>。「仕事の面白さは, 努力の質と量に正比例する。(書道色紙)」(林学者 本多静六)
- ぼくは自称「日本一, 日本史が好きな研究者」です。20歳の時に本格的に歴史学を学び始めて爾来(じ

らい) 40年, 日本史に飽きた, ということがない。おかげさまで毎日, 楽しく日本史の勉強を続けることができています。(本郷和人の日本史ナメ読み, 産経新聞, 9月1日朝刊8面)

- ……それでも, 前だけを向いてこの40年間, 料理の世界に身を置くことができたのは, 「料理が好き」この一言に尽きると思うのです。(フードスタイリスト マロン, NHK ラジオ「マイあさ!: サンデーエッセイ, 2022.9.11 放送」)

しかし, 実際にこれらの例のように「職業の道楽化」が実現できている人は少ないと見られる。毎日いやだいやだと思って仕事をしているよりも, そこに何か楽しみを見出すことが長続きするコツだ。けれども, 本当に地質調査業になじめないのなら, その時は思い切って職を変えることも選択肢の一つである。

## (3) 好奇心・向上心を欠かさないこと

最近資格の登録更新やプロポーザル方式での入札時など, 何かにつけCPD(継続教育)の単位取得証明が求められるようになってきた。しかし, 多くの技術者は, 言われなくても, 必要に迫られてあるいは自主的に昔から自己学習を行ってきた。自己研鑽は業務の一部である。正直「何をいまさら」という気がするが, 「制度化すること」自体が目的の一つなのかも知れない。

現行のCPD制度は, 導入の意図に反して著しく形骸化しているように思われ, 導入当初の趣旨から離れ, 「登録更新に必要なだからやむなく参加している」というケースが多いと見るのが大方の技術者の本音ではないだろうか。本来, 不断の自己研鑽の結果がCPD単位の累積という形で現れるものであろうが, 現在は主客が転倒し, CPD単位取得が目的となっているように思えてならない。

業務を通じて生じた疑問点を解決していくことは, 知的好奇心を刺激し, 解決した際には大なり小なり満足感や喜びの感情が生まれる。それが仕事を継続する上での原動力の一つともなっている。その延長で, 報告書を提出した際にも何がしかの達成感が生じる。そのことが仕事のやりがいにつながるものと考えられる。

さて, その知的好奇心であるが, こんなエピソードがある。作家の原田宗典氏が1997年に, 当時UNHCR(国連難民高等弁務官事務所)の代表をしていた緒方貞子氏にインタビューした際, 「日本の若者たちに足りないものは?」という質問に対して, 「好奇心ですね」と即座に答えたという<sup>6)</sup>。この点

は現在も変わらないように思われる。

#### (4) より良い成果品を提出しようという気持ちで業務に取り組むこと

良い意味での職人気質が必要だ。自分なりに満足できる良い成果品を提出し、顧客（発注者）に喜んでもらえれば、技術者としてもやりがいを感じる。気がかりな点を残しながら恐る恐る提出した報告書に限って指摘を受け、説明を求められることが多い。

注意しなければいけないことは、調査の方向が相手のニーズ（業務の目的）に合っているかどうかという点だ。そのためには、あらかじめ（打合せ時に）顧客の知りたいことをつかんでおく必要がある。誤解されると困るが、このことは顧客の顔色をうかがい、その意向に沿った方向で報告書をまとめるということではない。自分の趣味で求められてもいないことに注力すべきではないということだ。もちろん、調査は、あくまでも科学的・客観的に進めるべきことは言うまでもない。

さらに、業務は個人としてではなく、会社として請け負っているという点も忘れないようにしよう。業務を進める上で、社内でのデスクッションは有益だ。

#### (5) 正直さ（ある意味愚直さ）をもって業務に臨むこと

「結論ありきの手前勝手な筋書き・論理展開、都合の良い解釈」になってはいないか？ 残念ながら、こうしたスタンスで作られた報告書を、往々目にするところがある（とくに斜面防災分野）。厄介なことに、そういうことに長けた技術者が優秀だと勘違いされることもある。一時、発注者にとって都合の良い、使い勝手の良い技術者と重宝がられることがあるかも知れないが、長続きはしないであろう。捏造・改ざんはもってのほか。

また、自分の専門外の業務については慎重になるべきで、安易にしゃしゃり出たりしない方が賢明である（技術士倫理綱領 第3項：技術士は、自分の力量が及ぶ範囲の業務を行い、確信のない業務には携わらない。「餅は餅屋に任せろ」である。専門分野を拡げたい場合は、たとえ技術士といえども、その道の専門家の指導を得ながら業務を進めるか、学びと経験を重ね、力をつけてからにするべきだ。

#### (6) わかりやすく説明する能力（文章力も含めて）を磨くこと

まず、その仕事の目的を理解した上で、自分が説明される側に立って相手にわかりやすく説明するといった「サービス精神」を持つことが必要だ。こう

した能力は、最近ではプレゼンテーション能力と呼ばれ、社会人として不可欠な基本能力と見なされるようになってきているが、基本は相手を思いやるサービス精神だと思う。しかし、それを云々する前に、まず自分自身でその内容をよく理解していなければならぬ。自分でわかっていなければ、人にわかりやすくは伝えられない。

文章力を向上させるためには、良い文章を多く読むことも重要で、それには学術論文だけでなく、評論やエッセイ、古典など分野を選ばない。むしろ、いろんな種類の文章に触れるということが必要と思う。知らず知らずのうちの語彙や表現も豊富になる。

また、自分の文章は客観的に書いたつもりでも、主観が強く出ていたり、論理の矛盾や根拠の不足などが往々にして見られるものである。そうした場合、第三者に丁寧に読んでもらい、客観的な意見を聞くことが大いに役立つ。この点、査読付きの学会誌に投稿することは良い勉強になる。査読者は、客観的な立場でていねいに読んでくれて、著者の気づかなかった面や不備を指摘してくれので、実にありがたい。しかし、査読者（とくに若い）の中には、ダメ出しに熱心で、受理論文に仕上げるための工夫や改善策を一緒に考えてくれない人がいるので注意が必要だ。

#### (7) 一芸を身に着け、それを自分の売り（武器）にすること

得意な専門分野を持つことは自信につながり、苦しい時の支えになる。興味ある分野の学会に入会し、そこを自分のベースキャンプにしよう。これは自身の体験に照らしてもその有用性を実感できる。

「一人一芸（一人ひとりがそれぞれに得意な芸＝技術の一つ身につけること）」というのはある学会の活動の重要なスローガンの一つであるが、過去にこのスローガンの有効性を実感することが多くあったし、自分自身これに支えられても来た面がある。人に相談されるほどの芸（技術や知識）を持つことは、自分の存在を際立たせ、地歩を固めるとともに、一層の向上心をかき立ててくれる。この点は、どんな職業にも共通して言えることであると思う。

#### (8) 地質だけではなく、社会科学や人文科学にも関心を持ち、教養人であることを目指すこと

知識のすそ野を広げておくことで、思いがけないヒントを得ることがある。自分の周辺分野だけではなく、広く社会や文化にも興味や関心を持つことは重要だ。それは人間の幅を広げ、技術者としての信頼性にもつながるし、文章力の向上にも寄与するで

あろう。それに、発注者との打ち合わせの前後に、最近の話題等についてちょっとした会話を交わすことは、人間関係を深める上での一つのツールにもなる。知識のすそ野を広げておくことで、困ることは何もない。

### (9) 身近にいる技術者から学ぶこと

人のすぐれた(良い)点は「言わずもがな」だが、悪い点にも注目しよう。むしろ反面教師として生かすようにしたい。「転んでもただは起きない」というタフさ、しぶとさは、技術者としてだけでなく、人として生きる上でも必要である。

ただし、独りよがり、唯我独尊、夜郎自大<sup>やろうじだい</sup>になってはいけない。往々にしてそういう技術者を見かける。くわばら、くわばら。

### (10) 儲けることも忘れないこと

利益を出してはじめて会社が成り立つ。時には設計書にない自主的な作業も必要だが、こだわりのあまり費用を度外視するのは本末転倒だ。必要な調査は、発注者に説明し、理解を得て、できるだけ設計変更で対応したい。

一方、よく民間発注の業務をめぐるの値引き競争、値下げ合戦、たたき合いなどといった過当競争の存在を見聞きする。甚だしい場合は、解析・検討費をサービスする場合もあるという。こうした傾向は、業界全体にとってマイナスだ。業界全体として、技術の安売りはしないという姿勢を貫くことが大切だと思う。

また、高学歴者の割合が比較的高く、肉体的にも精神的にも過酷な労働の割に、地質調査業従事者の賃金は一般に低い傾向にある(全地連資料<sup>7)</sup>によれば、所定内賃金において、本来、大分類の「学術研究、専門・技術サービス業(所定内賃金466千円/月)に相当する地質調査業は338千円とかなり低く、建設業(438千円)の77%にとどまっている)。地質協会を挙げて、このギャップを埋めるための方策を練らねばならないと強く感じる。

### 番外. 精神と肉体の健康を保つこと

この点は持って生まれた体質という側面が強いが、少なくともマイナスに作用することは避けたい。

## 3. まとめ

以上は業務を通じて常々考えてきたことである。関係各位(とくに若手技術者)の自己研鑽や業務への取り組み姿勢の改善にあたり参考になればさいわ

いである。地質技術者の地位向上と待遇改善が図られ、地質調査業に社会的意義を感じ、意欲ある才能あふれる人材がこの業界に多く参入することを強く願うものである。

なお、筆者が過去に執筆した関連論文<sup>8)~13)</sup>も合わせてお読みいただければさいわいである。

#### 〔引用・参考文献〕

- 1) 全地連編(2007):[小特集]技術の伝承. 地質と調査, 113.
- 2) 全地連編(2016):[小特集]人材育成. 地質と調査, 148.
- 3) 地盤工学会編(2009):特集テーマ:地盤工学教育-技術の伝承-. 地盤工学会誌, 57 (No.1, 通巻612).
- 4) 地盤工学会編(2017):特集テーマ:技術の継承と教育. 地盤工学会誌, 65 (No.3, 通巻710)
- 5) 埼玉県久喜市ホームページ(本多静六博士顕彰事業 博士の処世訓)  
[https://www.city.kuki.lg.jp/miryoku/rekishu\\_bunkazai/honda\\_00/index.html](https://www.city.kuki.lg.jp/miryoku/rekishu_bunkazai/honda_00/index.html) (2022年9月5日閲覧)
- 6) 原田宗則(2022):「ひまわり」を觀よう 図書, 6月号, 2-5
- 7) 全地連編(2021):新たな時代の地質調査業発展ビジョン〜2020年代を駆け抜けるための地質調査業の羅針盤〜 78p
- 8) 鴨井幸彦(2006a):地すべり調査の秘訣-21のポイント-, 地すべり技術, 96, 59-64
- 9) 鴨井幸彦(2006b):地すべり工事べからず集-現場代理人12の心得-, 地すべり技術, 97, 49-52
- 10) 鴨井幸彦(2007):防災10か条-2004年新潟県中越地震の経験を踏まえて- 土と基礎, 55 (No.5, 通巻592), 22-24
- 11) 鴨井幸彦(2009):地盤形成史のわかる地質断面図をつくろう. 地盤工学会誌, 57 (No.2, 通巻613), 30-33
- 12) 鴨井幸彦(2012):大規模地すべりにどう向き合うか. 斜面防災技術, 114, 52-55
- 13) 鴨井幸彦(2014):斜面防災対策技術をめぐる諸問題-地すべり技術の伝承問題によせて- 地すべり学会誌, 51 (No.2, 通巻218), 38-40

### 2022 年度 全地連資格検定試験の実施結果について

今年度の全地連資格検定試験（地質調査技士，地質情報管理士）は，7月に全国10会場で実施し，9月には合格発表を行いました。各検定試験の実施結果は次の通りです。

#### 全地連資格検定試験 実施結果 概要

- 試験日：2022年7月9日（土）
- 試験会場：全国10会場 札幌，仙台，新潟，東京，名古屋，大阪，広島，高松，福岡，沖縄
- 受験者数及び合格者数：

資格検定試験		受験申込者数 / 受験完了者数	合格者数
①地質調査技士	現場調査部門	370名 / 354名	135名
	現場技術・管理部門	900名 / 809名	260名
	(合計)	1270名 / 1163名	395名
②地質情報管理士		101名 / 97名	37名

全地連資格検定試験（応用地形判読士）および地質リスク・エンジニア認定試験は，下記の日程で試験を実施し，来年2月以降に合格発表を行う予定です。

#### 応用地形判読士資格検定試験：

- 試験日：2022年10月22日（土）
- 試験会場：連合会館（東京都千代田区）
- 受験者数：（申込人数）64人，（受験完了者数）55人
- 合格発表：2023年2月20日

#### 地質リスク・エンジニア認定試験：

- 試験日：2022年10月14日（金）
- 試験会場：飯田橋レインボービル（東京都新宿区）
- 受験者数：（申込人数）12人，（受験完了者数）12人
- 合格発表：2023年3月1日

（ご参考：2023年度の試験日程（予定））

- ・地質調査技士，地質情報管理士 7月8日 全国10会場にて実施予定
- ・応用地形判読士 10月21日 東京にて実施予定
- ・地質リスク・エンジニア 10月6日 東京にて実施予定

# 地質リスクマネジメント事例研究発表会

11月4日に開催しました標記発表会は、今年で13回目の開催となり、約60名の方にご参加をいただきました。

当日の開催結果や講演論文集は、下記のホームページに掲載しております。是非ご覧ください。

▶▶▶ <http://www.georisk.jp/> (地質リスク学会ホームページ)

## 第13回地質リスクマネジメント事例研究発表会 開催概要

- 開催日：令和4年11月4日（金）
- 場 所：飯田橋レインボービル（東京都新宿区市谷船河原町11番地）
- 主 催：地質リスク学会
- 協 力：一般社団法人全国地質調査業協会連合会
- 協 賛：国立研究開発法人土木研究所
- プログラム
  - 開 場：12：15
  - 開 会：12：30～
  - 開会挨拶：12：35～12：50 渡邊 法美（地質リスク学会会長）（高知工科大学教授）
  - 表 彰 式：12：50～13：00 事例研究発表会 優秀論文賞授与式
  - 特別講演：13：00～13：40  
「シンガポール地下鉄事故の概要について」  
折原 敬二氏（土木学会地下建設における地盤リスクマネジメント検討部会委員）
  - 休 憩：13：40～13：50
  - 事例研究発表会：13：50～16：50
  - 閉会挨拶：16：50 小笠原 正継（地質リスク学会 副会長）

## 事例研究論文一覧

発表者	所属先	題 目
太田 史朗	川崎地質(株)	鳥海山麓の道路施工における埋没谷に堆積した高有機質土への対応事例
杉山 幸太郎	国際航業(株)	道路トンネルにおいて長尺水平ボーリングにより施工時の地質リスクを低減した事例
久野 高明	基礎地盤コンサルタンツ(株)	道路ルート検討段階における地質リスク検討の重要性～特にLPデータによる微地形解析と衛星SARによる地盤変動解析に基づく地質リスク評価について～
仲間 真紀	四国建設コンサルタント(株)	トンネル坑口に分布するトップリング性の緩み岩盤への対応
榊原 信夫	川崎地質(株)	河川護岸工事における地すべりリスク発現と対応事例
利根 穂志美	川崎地質(株)	傾斜地盤における側方流動の発生と対策について
長谷川 智史	(株)日さく	河川小堤施工における地質リスクの発現事例 (堤体基礎地盤の崩壊事例)
澁谷 奨	(株)地圏総合コンサルタント	高規格道路の切土法面において発現した地質リスクと対応事例

# 令和4年度全地連資格制度 登録更新の手続きについて

全地連で運営します資格制度（地質調査技士，応用地形判読士，地質情報管理士，地質リスク・エンジニア）の登録更新につきまして，今年度は次の通り実施します。

## 令和4年度全地連資格制度 登録更新の実施概要

資格制度	登録更新の対象者	更新申込期間・締切	更新形態
地質調査技士 *現在、CPD報告形式による更新申込みのみ受付中	(1) 平成29年度(2017年度)の登録更新を完了された方 (2) 平成29年度(2017年度)の第52回地質調査技士資格検定試験に合格し、登録した方	令和4年9月9日～ 令和4年10月11日 ※CPD報告形式による申込締切は 令和4年12月9日	講習会受講形式または CPD報告形式
応用地形判読士	(1) 平成29年度(2017年度)の登録更新を完了された方 (2) 平成29年度(2017年度)の応用地形判読士資格検定試験〔二次試験〕に合格し、応用地形判読士資格に登録した方	令和4年12月1日～ 令和5年1月15日	CPD報告形式
地質情報管理士	(1) 平成31年度(2019年度)の地質情報管理士登録更新を完了された方 (2) 平成31年度(2019年度)の地質情報管理士資格検定試験に合格し、資格登録した方	令和4年12月1日～ 令和5年1月20日	CPD報告形式
地質リスク・エンジニア	平成29年度(2017年度)の地質リスク・エンジニア(GRE)の認定試験に合格し、登録した方	令和4年12月1日～ 令和5年1月20日	業務実績・発表実績報告形式

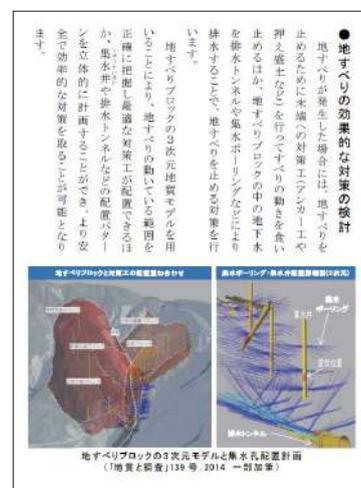
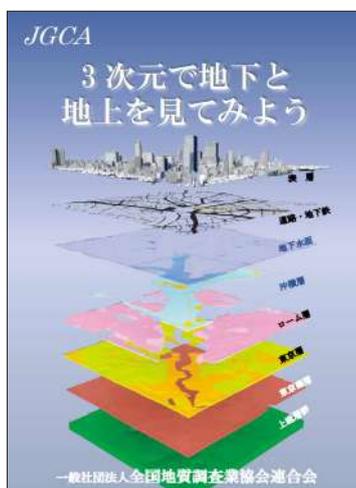
詳しくは，全地連のホームページをご覧ください。

▶▶▶ <https://www.zenchiren.or.jp/> (全地連ホームページ)

## 小冊子「3次元で地下と地上を見てみよう」の作成

全地連では，国が進めるBIM/CIMを踏まえて，地質調査業におけるBIM/CIM，地質・地盤の3次元化が建設事業や防災事業などにどのような効果を与えるのかを，学生など一般向けに紹介する小冊子を作成しました。業界，企業のPRなどにご活用ください。

▶▶▶ <https://www.zenchiren.or.jp/news/detail/229>





私が小学生の頃に妄想していた21世紀は、交通、服装、医療、そして社会インフラなど、小説やマンガなどで描かれ、すべてが劇的に変わると思っていました。

社会人となった1990年代は情報処理や通信ネットワークが加速的に変化したことを体感しましたが、未だに車は地上で渋滞を繰り返す、人は朝の満員電車で揺られ、そして地質調査は大きな変化もなく2022年の秋を迎えています。

高度経済成長時代の遺産を使いながら、減少し続ける生産人口で輝かしい未来を後世に残すためには、20世

紀に空想していた「劇的变化」が必要なのだと思います。

そこで、通巻160号はDXを取り上げました。実質的変革のために何が必要なのか、そしてDXが我々に齎すものは何か、を考えることは、明日の具体的な行動に繋がると考えています。

最後に、通巻160号の編集にあたり、大西先生を初めとする多くの関係者の方々にご理解とご協力を頂きました。この場をかりて心より感謝を申し上げます。

(2022年11月 谷川記)

機関誌「地質と調査」編集委員会

一般社団法人全国地質調査業協会連合会

委員長 鹿野 浩司

委員 尾高潤一郎、加藤 猛士、佐護 浩一、谷川 正志、細矢 卓志、須見 徹太郎、高橋 暁、相澤 隆生、村上 貴美恵、廣田 一樹、各地区地質調査業協会

委員 北海道：関根 幸博 東北：庄子 夕里絵 北陸：桜井 幹郎 関東：藤本 泰史 中部：今井 良則  
 関西：東原 純 中国：西田 宣一 四国：大岡 和俊 九州：原田 克之 沖縄県：砂川 尚之

一般社団法人全国地質調査業協会連合会

〒101-0047 東京都千代田区内神田1-5-13 内神田TKビル3階 TEL. (03) 3518-8873 FAX. (03) 3518-8876

北海道地質調査業協会	〒060-0003	北海道札幌市中央区北3条西2丁目1(カミヤマビル)	TEL. (011) 251-5766
東北地質調査業協会	〒983-0852	宮城県仙台市宮城野区榴岡4-1-8(パルシティ仙台1階)	TEL. (022) 299-9470
北陸地質調査業協会	〒951-8051	新潟県新潟市中央区新島町通1ノ町1977番地2(ロイヤル礎406)	TEL. (025) 225-8360
関東地質調査業協会	〒101-0047	東京都千代田区内神田2-6-8(内神田クレストビル)	TEL. (03) 3252-2961
中部地質調査業協会	〒461-0004	愛知県名古屋市中区葵3-25-20(ニューコーポ千種橋403)	TEL. (052) 937-4606
関西地質調査業協会	〒550-0004	大阪府大阪市西区靱本町1-14-15(本町クィーパービル)	TEL. (06) 6441-0056
中国地質調査業協会	〒730-0017	広島県広島市中区鉄砲町1-18(佐々木ビル)	TEL. (082) 221-2666
四国地質調査業協会	〒761-8056	香川県高松市上天神町231-1(マリッチF1101)	TEL. (087) 899-5410
九州地質調査業協会	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東2-4-30(いわきビル)	TEL. (092) 471-0059
沖縄県地質調査業協会	〒903-0128	沖縄県中頭郡西原町森川143-2(森川106)	TEL. (098) 988-8350

機関誌「地質と調査」'22年2号 No.160

2022年11月5日 印刷

2022年11月10日 発行

編集 一般社団法人全国地質調査業協会連合会

〒101-0047 東京都千代田区内神田1-5-13 内神田TKビル3階

発行所 株式会社ワコー

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋3-11-6 TEL. (03) 3230-2511 FAX. (03) 3230-1381

印刷所 株式会社高山

無断転載厳禁

印刷物・Web上等に本誌記事を掲載する場合は、一般社団法人全国地質調査業協会連合会に許可を受けてください。

RG社 (Robertson Geologging) は検層一筋40年、検層装置の世界的リーディングカンパニーです。土木地質分野から地下水環境・資源分野に至る多様なプローブに加え、目的用途に応じた多様なウインチ、125℃対応の高温プローブを提供しています。また、最大3000m巻4芯アーモドケーブルで1MBPSの超高速通信技術の確率により画像や波形データの伝送もリアルタイム感覚です。



Micrologger-2 & PC



Winlogger Software



500m巻



1,000m巻



2,000m巻



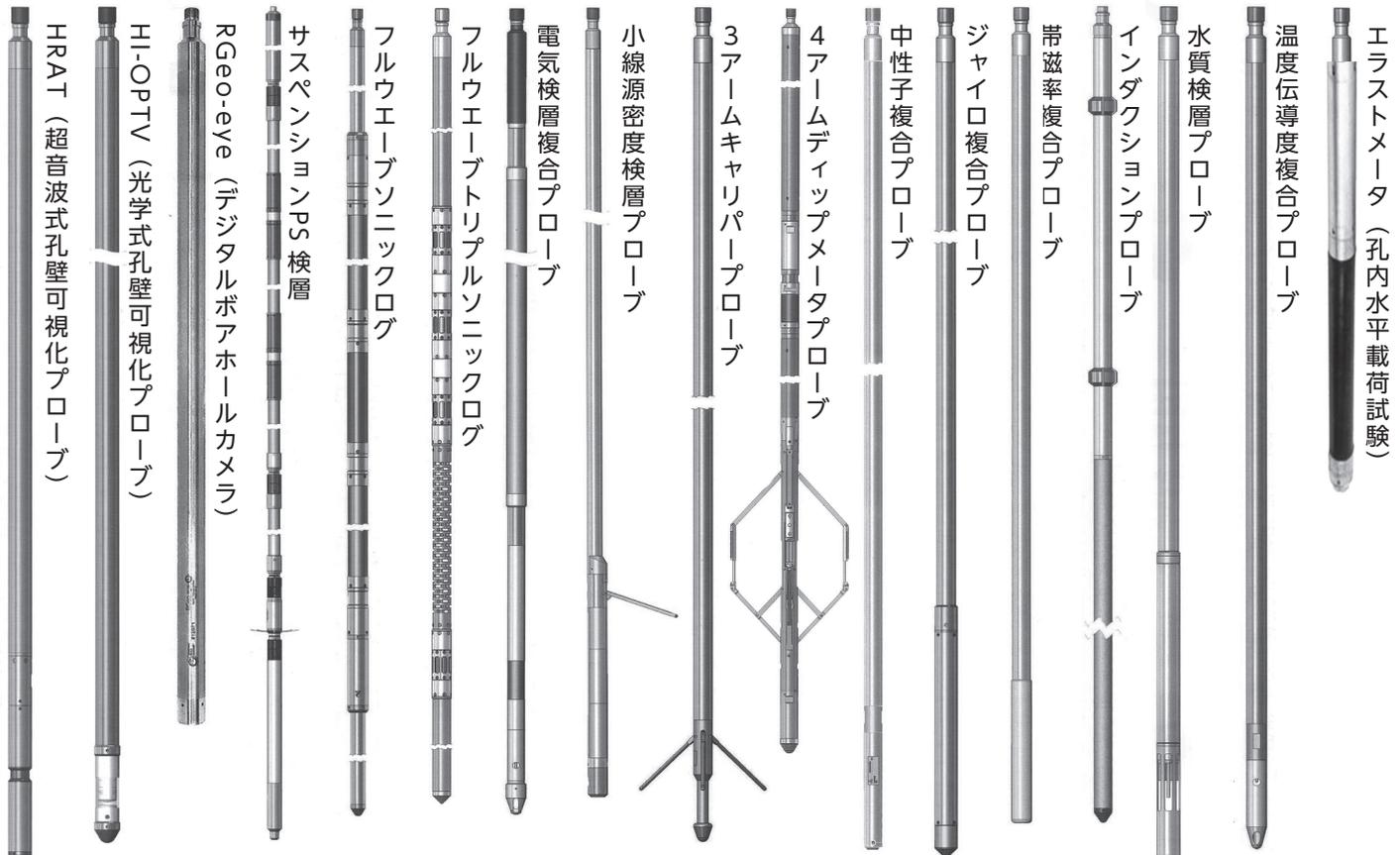
3,000m巻

**孔壁の可視化**

**ポアホールサイズミック**

**代表的な物理検層**

**水質検層ほか**



**株式会社 ジオファイブ**

URL <http://www.geo5.co.jp/>

〒331-0812 埼玉県さいたま市北区宮原町1-453-2

TEL 048-662-9175 FAX 048-662-9176

Email [sales@geo5.co.jp](mailto:sales@geo5.co.jp)

■業務内容■

- 計測機器販売 : 地質調査機器・非破壊検査機器
- 計測機器レンタル : 地質調査機器・非破壊検査機器
- 計測業務 : 3D-RADAR計測業務 他
- 計測機器設計製作 : 各種計測機器の設計製作



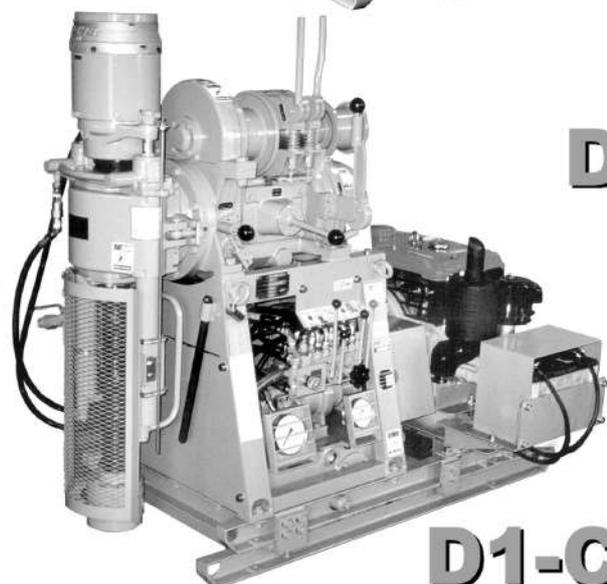
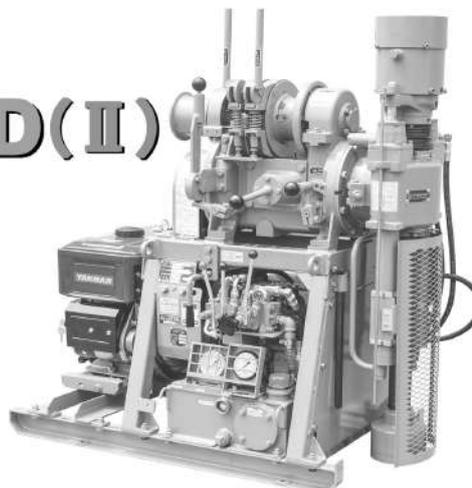
**TOHO**  
DRILLING EQUIPMENT

# 小型ボーリングマシン

**DM-03**

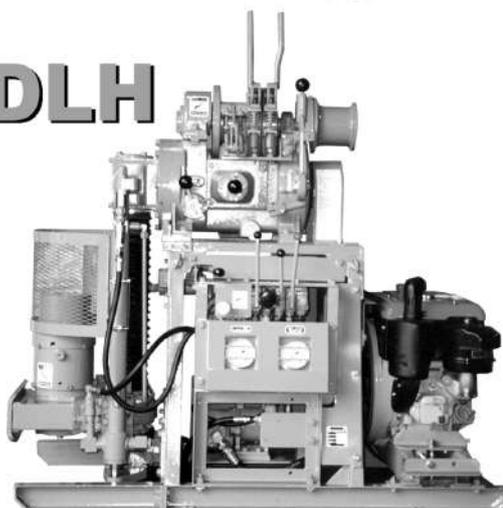


**D0-D(Ⅱ)**



**D1-C**

**D0-DLH**



試錐機には小型ボーリングポンプが内蔵できます。(DM-03を除く)

機種名		DM-03	D0-D(Ⅱ)	D0-DLH	D1-C
穿孔能力	m	30	100	100	280
回転数	min <sup>-1</sup>	65,125,370	(A)60,170,330 (B)110,320,625※	(A)60,170,330 (B)110,320,625※	(A)65,130,170,370 (B)90,170,320,490※
スピンドル内径	mm	47	43	43	48,58
ストローク	mm	400	500	500	500
巻上げ力	kN(kgf)	3.9(400)	5.9(600)	5.9(600)	10.8(1100)
スライド	mm		油圧式300※	油圧式300※	油圧式300
動力	kW/HP	3.7/5	3.7/5	3.7/5	5.5/8
質量	kg	180	350(油圧チャック装着時)	475	550
寸法	H×W×L mm	960×550×1115	1225×655×1285	1440×890×1415	1390×735×1580

右操作、左操作をご用意しております。 ※はオプションです。



**東邦地下工機株式会社**

東京都品川区東品川 3-15-8 TEL 03 (3474) 4141  
福岡市博多区西月隈 5-19-53 TEL 092 (581) 3031  
URL: <http://www.tohochikakoki.co.jp>

福岡 092(581)3031  
東京 03(3474)4141  
札幌 011(376)1156  
仙台 022(235)0821  
新潟 025(284)5164  
金沢 076(235)3235

名古屋 052(798)6667  
大阪 072(924)5022  
山松 089(953)2301  
広島 082(533)7377  
山口 083(973)0161  
熊本 096(232)4763

# 地質調査

通巻160号