

地質調査

編集／一般社団法人全国地質調査業協会連合会

2023

第1号

(通巻161号)

Japan Geotechnical Consultants Association



巻頭言

» 創立60周年(ビジョンの実現にむけて)

一般社団法人 全国地質調査業協会連合会
会長 田中 誠

将来ビジョン

» 新たな時代の地質調査業発展ビジョン

一般社団法人 全国地質調査業協会連合会
専務理事 須見 徹太郎

安全な暮らし、経済活動を支える 地質調査業の役割

» 防災・減災からレジリエントで
持続可能な国づくりへ

..... 長谷川 修一

» 人新世と地質リスク
- 総合知による土地利用に向けて -

..... 佐々木 靖人

» 地盤情報

..... 大西 有三

» 地質調査業の存在意義と効果

..... 千木良 雅弘

» 地質調査業の今後の展開への期待：
特に地下を高度に扱う現代社会を
意識して

..... 徳永 朋祥

巻頭言

≫ 創立 60 周年 (ビジョンの実現に向けて)
一般社団法人 全国地質調査業協会連合会 会長 田中 誠 …… 1

将来ビジョン

≫ 新たな時代の地質調査業発展ビジョン
一般社団法人 全国地質調査業協会連合会 専務理事 須見 徹太郎 …… 6

安全な暮らし、経済活動を支える
地質調査業の役割

≫ 防災・減災からレジリエントで
持続可能な国づくりへ 長谷川 修一 ……15

≫ 人新世と地質リスク
- 総合知による土地利用に向けて - 佐々木 靖人 ……23

≫ 地盤情報 大西 有三 ……32

≫ 地質調査業の存在意義と効果 千木良 雅弘 ……40

≫ 地質調査業の今後の展開への期待：
特に地下を高度に扱う現代社会を
意識して 徳永 朋祥 ……47

地質だより

- 令和 4 年度「応用地形判読士資格検定試験」、
「地質リスク・エンジニア認定試験」の合格者の決定 …… 57
- 全地連「技術フォーラム 2023」の開催について …… 57
- 全地連資格制度
令和 5 年度の検定試験および登録更新の実施概要について …… 58
- 講習会の開催情報 (令和 5 年度) …… 59

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



● 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
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
161 号	2023 年 4 月	全地連創立 60 周年記念号

次号予告

地質調査 2023 年 第 2 号 (通巻 162 号) 内容 (予定) 令和 5 年 11 月発行予定

小特集テーマ：地質の楽しみ方 - 食と旅と地質 -

創立 60 周年 （ビジョンの実現にむけて）

たなか まこと
田中 誠*

K
Key Word

生産性向上, 働き方改革, DX, 国土強靱化, 地質リスクマネジメント, ビジョン, 人材, ブランディング

◆はじめに

一般社団法人全国地質調査業協会連合会（以下、全地連）は、今年、創立60周年を迎えました。これもひとえに地質調査業の発展と全地連の活動に対し、ご理解とご指導をいただきました発注諸機関ならびに関係諸団体の皆様、そして歴代会長、理事、事務局の皆様の地質調査業に対する熱い想いと、地区協会ならびに会員企業の皆様のご協力、ご支援の賜物と心より感謝申し上げます。また、特別企画として、昨年公表いたしました『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の羅針盤～』（以下、将来ビジョン）をテーマに「創立60周年記念号」が発刊されますことは、単なる通過点ではなく、予測の難しい社会変革の時代へ向かう節目として極めて意義のあることと考えます。

◆創立60周年までの10年間

1997年以降、建設投資額の減少、コスト縮減、競争の激化などデフレスパイラルのなかで、全地連会員受注高は約15年間で半減し、多くの会員企業が経営規模を縮小いたしました（図1参照）。2005年に「公共工事の品質確保の促進に関する法律」（以下、品確法）が議員立法で成立し、コスト削減と品質確保の両面を重視する取組みへと舵がきられ、「総合評価落札方式」を主流とする本格的な技術競争の時代が始まりました。また、2014年「新担い手3法」では、働き方改革の推進、生産性向上への取組み、災害時の緊急対応強化などが盛り込まれ、さらに、2019年品確法の改正では、先輩方の努力が実り、地質調査業が法の対象となり、公共工事の品質確保を図るうえでの社会的責任が明確となりました。メンテナンス時代の到来や自然災害の頻発化、激甚化のなか、「防災・減災、国

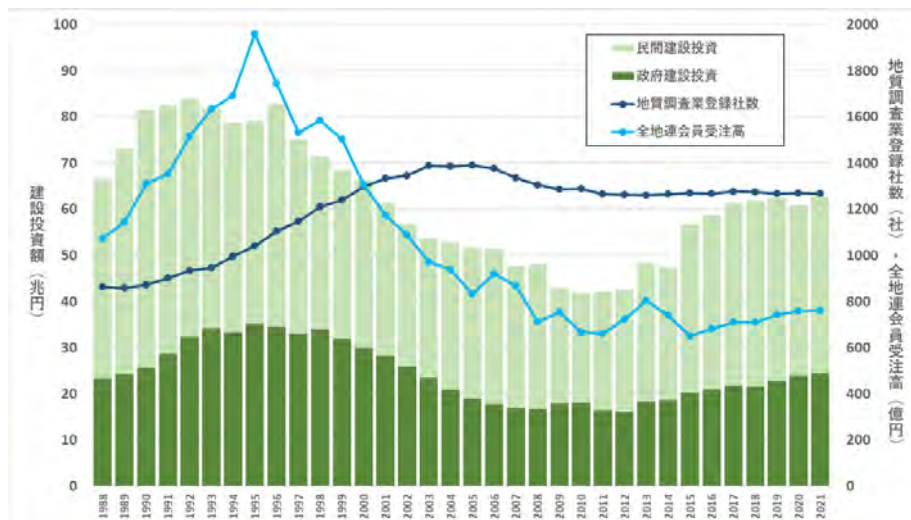


図1 建設投資と地質調査登録業者数及び全地連会員受注高※1)

*一般社団法人 全国地質調査業協会連合会 会長

土強韌化政策」が推進され、併せてICT、IoTなど様々な技術も進みました。さらに、2022年には「総合評価落札方式における賃上げ加点措置」が実施されるなど、公共事業費の堅調な伸びと同時に、新しい資本主義政策への業界としての対応も求められ、公共事業費の安定的・計画的確保と併せ、しっかり対応していかなければならないと考えています。

【担い手確保・生産性向上・働き方改革推進・DXの推進・Society5.0, 新型感染症】

最も深刻で政策的に対応できない社会的課題が生産年齢人口の減少です。さらに昨今は、売手市場の就職状況のなか、新規入職者の確保に苦戦しています。いずれにせよ、生産年齢人口減少の一途をたどるなか、生産性向上と併せ、定年延長や再雇用制度を活用し、技術や技能の継承を図りながら、新たな希望と魅力を創出し、地質技術者が活躍・定着できる環境の構築が重要と考えます。2016年第5期科学技術基本計画では、IoT、AI、ビッグデータ、ロボット技術といった新たな技術を取入れ、経済の発展と社会的課題の両立を目指す「Society5.0」が提唱されました。国土交通省は、同年を「生産性革命元年」とし、建設生産システムでの生産性向上を狙い、i-constructionの推進、新技術やデータ活用の推進、データプラットフォームの構築等の取組みが開始されました(図2参照)。さらにBIM/CIM活用は、2023年までに原則化する加速方針が示されました。全地連では、2017年「3次元地質解析技術コンソーシアム」を立上げ、3

次元地質・土質モデルの活用を積極的にアピールしているところです。このような、様々な技術を用いた地盤情報の共有化と活用は、確実な情報伝達や生産性向上はもとより、地質調査業が高い付加価値とその対価を生み出す情報産業としての領域を拡大させるベースとなり、また「地質DX」として若い技術者にとって新たな魅力や希望となり、担い手の確保へつながるものと考えています。併せて、2019年働き方改革法が施行されました。働く者のニーズが多様化するなか、ワークライフバランスの実現を目指し、生産性向上と両輪で進めていくべきものと理解しています。地質調査業は、自然条件に左右されるハード・ソフト一体型の産業であり、かつ現場情報を分析・解析し、学術的専門知を分かりやすく提供する知的情報サービス産業です。発注業務の平準化や適切な工期設定などと併せ、働き方を改革する良い機会としなければなりません。一方、2020年より新型コロナウイルス感染症対策として「3密回避」が進められ、リモートワーク・会議や遠隔臨場など時間的効率化は一気に進みましたが、あるべきコミュニケーションの点でベースとなる企業・業界風土や文化の醸成も併せ、再構築も重要と考えています。

【インフラメンテナンス・自然災害・国土強韌化】

2012年には「中央自動車道笹子トンネル天井版落下事故」が発生し、インフラの老朽化が社会問題となりました。多くのインフラが更新時期を迎えることから、国土交通省では、2013年を「社会



図2 国土交通省における生産性革命の取組み^{*2)}

資本メンテナンス元年」とし、総合的な取組みが開始されました。2014年の国土交通省行動計画の「メンテナンスサイクル構築」に向けた取組みに対し、地質調査業も「維持管理段階」までを見据えた地質・地盤コンサルティング、地盤情報の充実・共有化と新技術の開発・活用により積極的に対応していかなければなりません。現在、地盤情報の充実と共有化は、一般社団法人国土地盤情報センター（以下、NGIC）と協調し、モニタリング技術は、2022年より「傾斜センサーによる斜面監視モニタリングのマーケット開拓コンソーシアム」により協調的に各社の実用的な新技術の社会実装を進め、最終的には地質リスクマネジメントと併せ、防災・減災やメンテナンスサイクルに位置付けることを目指しています。

2011年以降、日本各地で豪雨、地震、火山災害が頻発しています。地球温暖化による気候変動の影響は、「総降雨量や局所的豪雨の増加、台風の大規模化・経路変化」といった形ですでに顕在化しています。とりわけ、我が国は世界に類例のないほど複雑、かつ脆弱な地形・地質特性のもと、災害発生リスクが高い国と言えます。自然災害の多くは、地形や脆弱な地質条件が素因・誘因となっています。2015年第3回国連防災世界会議の「仙台防災枠組」では、防災の主流化がうたわれ、2018年以降「防災・減災、国土強靱化政策」が推進され、さらに2025年以降を見据え「国土強靱化基本計画」の見直しが進められています。高齢化の進展、さらに経済の持続的発展の点で、国土強靱化政策の推進による「災害軽減効果」は国民の皆様の総意であり、全地連では、災害の広域化に対し、地区協会間の連携も視野に入れつつ、「災害に対応するインフラの強化と整備」、「防災地理情報の幅広い活用」、「地質・地盤情報の理解促進とリスクマネジメントの導入」、「災害に対応できる高度な専門技術者の養成」、「市民向け防災意識醸成のための啓発活動」など幅広い活動により、国土強靱化に積極的に貢献していきます。

【地質リスクマネジメントと地盤情報データベース】

地質リスクマネジメントの進展とNGICとの連携は、ここ10年の大きな成果です。2015年「プロポーザル方式及び総合評価落札方式の運用ガイドライン（国土交通省）」で地質リスク調査検討業務が対象となり、2018年には「三者会議に地質技術者を参加させる試行」が開始され、2020年には国土交通省と土木研究所より「土木事業における地

質・地盤リスクマネジメントのガイドライン」が公表されました。これら地質リスクマネジメントを重視した取組みは地方自治体へも確実に広がっています。

さらに、2016年に発生した地下鉄トンネル工事に伴う「博多駅前道路陥没事故」は、地質情報の収集の重要性が再認識されるとともに、地盤情報データベースの必要性、地質の不均質性に対する配慮、調査、設計、施工の各段階で得られた情報や知見の情報共有と各段階での情報引継ぎの重要性等を踏まえた地質リスクマネジメントの必要性が示されました※3）。全地連では地質リスクマネジメントの維持管理段階への適用も視野に、建設生産プロセスにおける生産性向上との両輪として取組んでいきます。

◆これから（経営資源、とりわけ人材）

全地連ではこの10年間、様々な問題や課題に直面しながらも駆け抜けてきました。そして、創立60周年を期に、本格的な社会変革の流れを見据えた「ビジョン」を公表し、現在、その実現に向け、関係者の皆様の理解を頂きながら取り組んでいます。ビジョンでは地質調査を「インフラのインフラ」と位置付けました。地質調査業が持続的に発展し、その責任を全うするためには、業界として強い足腰が必要であり、その足腰とは経営資源、とりわけ「人材と技術」としてとしています。

ここでは、「人材」について、地質調査業界の将来を担う「若手地質技術者」、重要な技術と実績を有す「シニア地質技術者」、現場調査技術を担うボーリング機長、助手（以下、「ボーリング技術者」）の、「現状認識と将来意識」の一部を共有します。地質調査業の「これから」を考える上で非常に重要であると考えています。詳細については、ぜひとも巻末に示す各成果を参照していただきたいと思えます。

【若手地質技術者】

2019～2020年に全地連ではコンソーシアム「若手が活躍する地質調査に向けて」を実施し、各ヒアリングや情報収集とブレインストーミングにより、その実現に向け提案する方策を「待遇面」、「安全面」、「新技術面」、「その他」に類型化し、「難易度」×「重要度」で整理した成果が得られ、今後の活動の資料となりました（図3参照）。若手地質技術者が自ら考えること、そしてそれぞれの内容が非常に重要であると考えています。

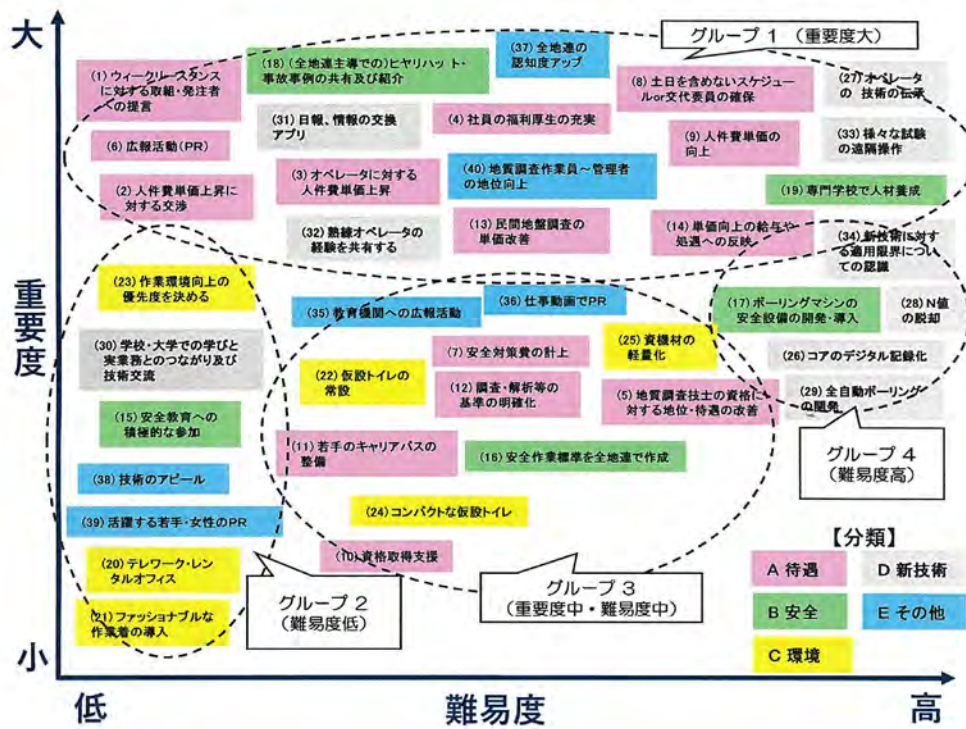


図3 難易度と重要度でグループ分けした方策^{※4)}

【シニア地質技術者】

2013年「高年齢者雇用安定法」が改正され、高年齢者雇用確保措置として企業に3つの改善措置が義務付けられ、その対応の一つである定年延長などの動きが加速しています。現在、シニア社員は、定年後も貴重な人材として働き続け、戦力となっている雇用実態がわかります(図4参照)。一方で、定年延長や高年齢者への過度な依存は、組織の高年齢化や硬直化に繋がり、シニア技術者、若手社員ともにモチベーションが低下し、DXなど新しい流れへの対応の停滞など様々な問題の指摘もあり

ます。活躍するシニア地質技術者の意見も直接確認し、本来の価値創出を見出していくことが重要と考えています。

【ボーリング技術者】

「現場環境の改善」は、持続的発展を目指す地質調査業にとり非常に重要であり、「全地連技術フォーラム2022 in 那覇」でもメインテーマとしました。全地連では、現場調査技術や技能の継承、そして深刻な担い手不足への危惧から、生産性向上、安全性向上、現場稼働率の向上を含めた現場

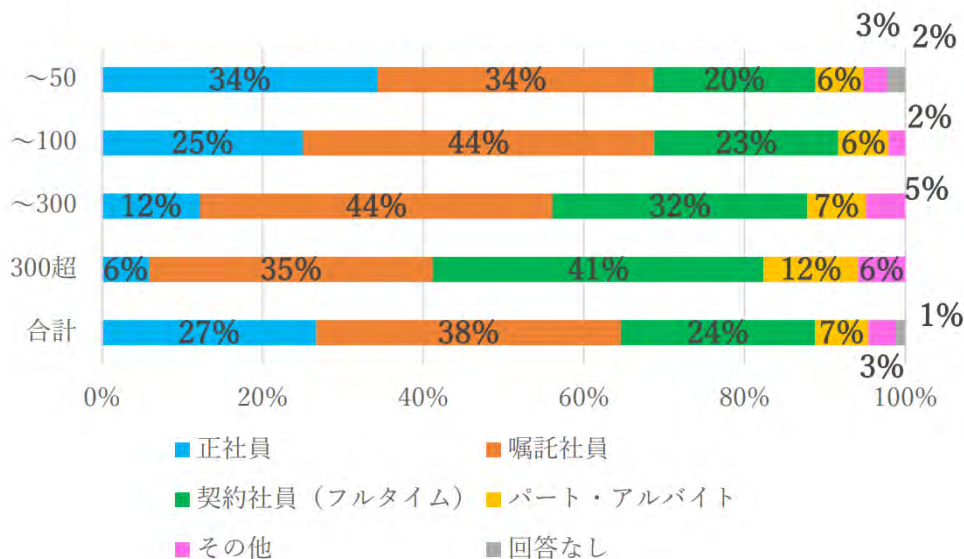


図4 シニア社員の雇用実態^{※5)}

環境の改善を喫緊の課題と捉え、現在「ボーリングマシンの自動化」に取り組んでいます。ここでは、関東、北陸、関西、四国地区協会が352名のボーリング技術者を対象に実施された「現場環境に関する意識調査」を紹介します（図5参照）。

主な意識として、「降雨時の作業休止といった天候に左右されやすい作業が多い」、「危険と感じる作業が多い」、「技能継承のシステムがなく職人的である」、「仕事量の割には収入が低い」、「資格を取得し独立したい」、「ボーリング作業より搬入・出、仮設組立・撤去といった周辺作業を負担に感じるが、標準貫入試験など原位置試験の負担度は低い」などが整理され、現場環境の改善の方向性について大いに参考としなければならないと考えています。

◆おわりに

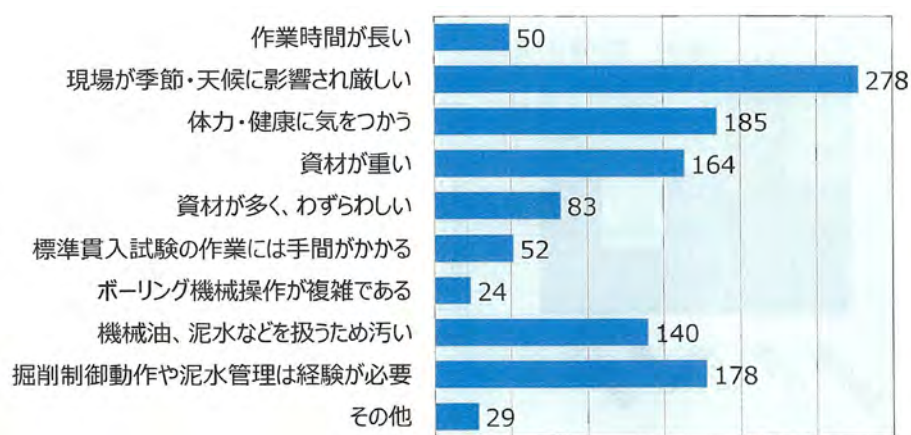
ここ10年、社会情勢の変化や社会変革への流れは大きく、また積み残してきた課題が浮き彫りになりました。一方、ICTをはじめとした様々な技術の進展は、その対応や新たな魅力創出の点で糸口と方向性を提示してくれていると考えています。

地質調査業の「ブランディング」は地方も含めて、地形や地質の専門性を活かし、国土強靱化事業などの業務を通じて積極的に社会貢献していく姿勢であると考えています。そのためには「担い手（人材）の確保と育成」が最も重要であるとの結論に至ります。

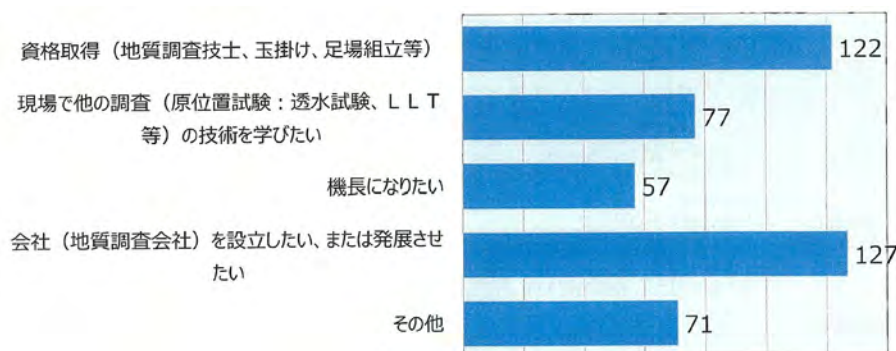
全地連では、将来ビジョンの実現に向け、「人材」を「人財」として、人材の現状と将来に対する問題意識を認識しつつ取り組んでまいります。

〈出典・参考資料〉

- ※ 1) 全地連作成資料
- ※ 2) 国土交通省「生産性革命プロジェクト」パンフレット
<https://www.mlit.go.jp/common/001300068.pdf>
- ※ 3) 「福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会 報告書」
平成29年5月、国立研究法国土木研究所
- ※ 4) 「若手が活躍する地質調査に向けて」令和2年3月、全地連新マーケット創出・提案型事業若手活躍地質調査ワーキング
- ※ 5) 「福利厚生制度を活用した魅力と安心のある職場作りの実現に向けて（シニア社員の価値創出編）」令和4年9月、全地連総務委員会
- ※ 6) 全地連連絡会追加資料，2023.1.10

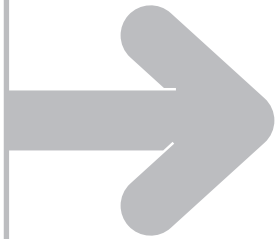


[現場作業で大変なこと（複数回答可）]



[将来どういことをしたいか（複数回答可）]

図5 ボーリング技術者（機長・助手）の現状意識
（4拠点地区協会アンケート集計結果）※6)



新たな時代の 地質調査業発展ビジョン

すみ てつたろう
須見 徹太郎*

K
ey Word

将来ビジョン, 地質調査業の現状, SWOT 分析, 地質調査技術, 情報化,
防災減災, 人材確保・育成, 国際化, 競争領域・協調領域

一般社団法人全国地質調査業協会連合会（以下、全地連）では、2021年12月に「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～」(以下、「将来ビジョン」)を公表した。今後10年を見通したビジョンであり、時代の変革期にあたり、地質調査業の将来の方向性を見定める羅針盤として機能することが期待される。本稿では、「将来ビジョン」の策定の経緯と内容、そして地質調査業界の目指すべき姿について紹介するものである。

ン -地球時代の新しい知識産業を目指して(ジオ・ドクターあるいはジオ・コンサルタントとして)-」と副題を変えつつ、地質調査業の構造改善事業の指針となってきた。

その後、構造改善事業の根拠法であった中小企業近代化促進法が1999年に廃止されるとともに、急激な建設市場の縮小、入札契約制度の改革、取引における国際ルールを導入など地質調査業を取り巻く経営環境が非常に厳しい状況と変わる中で策定・公表されたのが2002年2月の「地質調査業の21世紀ビジョン -市場が求める産業システムの構築に向けて- ～地質調査業の経営革新シナリオ～」である。この21世紀ビジョンは、約10年後の2013年に全地連の50周年にあわせてフォローアップがなされ、「全地連21世紀ビジョンのフォローアップ2013 -私たちが考える21世紀の地質調査業-」という形で公表された。

1. 「将来ビジョン」策定の経緯

1.1 これまで策定した全地連のビジョン

これまで全地連として公表したビジョンは、1990年2月の「地質調査業の経営戦略化ビジョン -地球時代の新しい知識産業を目指して-」をその嚆矢とし、1995年度には「地質調査業の経営戦略化ビジョ

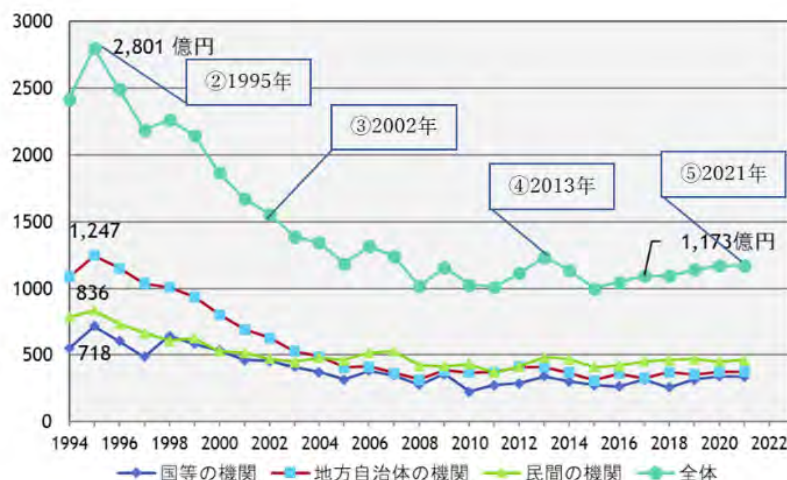


図1 地質調査のマーケット推移とビジョン公表年

*一般社団法人 全国地質調査業協会連合会 専務理事

図1は、近年における地質調査業のマーケットの推移と各ビジョンの公表年について示したものである。地質調査の市場は、2つ目の経営戦略化ビジョンを公表した1995年をピークに急激に減少し、その下り坂の激しい時期に公表されたのが「21世紀ビジョン」である。このビジョンでは、地質調査業の経営革新シナリオとして、「市場が求める産業システムの構築」、「多様な発注への適応力の向上」、「信頼の確保」の3つの柱を掲げ提言を行っているが、経営環境が大きく変化し、さらにマーケットが縮小する中、新たな分野への展開や多様な経営戦略の提案など、地質調査業界の生き残りを模索している様子が垣間見える。

その10年後、全地連の設立50周年を機に「フォローアップ2013」が策定された。この年は、東日本大震災を経て、防災・減災、エネルギー問題がクローズアップされ、ピーク時の約4割まで減少した市場も縮小から水平へと安定化した時期にあたる。そのような社会情勢を踏まえ、安全で安心な社会づくりのために地質の専門技術者として積極的な参画というテーマが掲げられ、「地質情報の積極的な情報発信と活用」、「新たな技術展開、新規分野への参入」、「地域に密着した活動と社会貢献」という3つの提言がなされた。

1.2 その後の社会情勢の変化

2013年のフォローアップ後、地質調査のマーケット規模は安定的に推移するが、一方で建設産業を取り巻く社会情勢は大きく変化していく。

(人口減少・少子高齢化)

その一つが人口減少・少子高齢化の急速な拡大である。人口減少に伴う経済活動の停滞に対する処方箋の一つが「生産性向上」である。政府は2016年に「Society5.0」を提唱し、IoT、ビッグデータ、人工知能(AI)、ロボットといった社会の在り方に影響を及ぼす新たな技術を、あらゆる産業や社会生活に取り入れ、経済発展と社会的課題の解決を両立していく新たな社会の実現を目指している。また国土交通省では、2016年を「生産性革命元年」と位置付け、その一環として「i-Construction」を推進するとともに、BIM/CIMの活用、インフラ分野のDX(デジタルトランスフォーメーション)の推進と矢継ぎ早に施策を打ち出している。インフラ整備・維持の一端を担う地質調査業界でも、これらの動きにキャッチアップし先導していく必要がある。さらに人口減少・少子高齢化は、売手市場の就職状況をもたらし、企業にとって人材確保が喫緊の課題となっている。

特に地質調査の現場を担うボーリングオペレータの不足が深刻であり、この課題を解決するためにも現場環境の改善が重要との認識が高まっている。

(多発する災害)

温暖化に伴う気候変動の影響が顕在化し、水害、土砂災害が激甚化している。また、M9.0を記録した東北地方太平洋沖地震以降、各地で地震や火山噴火による被害が頻発している。2013年以降で見ても、2013年10月台風26号による伊豆大島土砂災害、2014年8月線状降水帯による広島土砂災害、2014年9月の御岳山噴火、2016年4月の熊本地震、2017年7月の九州北部豪雨、2018年7月の西日本豪雨、2018年9月の北海道胆振東部地震、2019年房総半島台風(台風15号)、2019年東日本台風(台風19号)、2020年7月の熊本豪雨、2021年7月の伊豆山土砂災害、2022年3月の福島県沖地震と毎年のように激甚な災害が生じている。水害・土砂災害については今後とも激甚化・頻発化が懸念されており、さらに南海トラフ巨大地震、首都直下地震といった国難級の大災害が予測されており、防災・減災分野での地質調査業の貢献が求められている。

(カーボンニュートラル、GX)

温暖化対策としてのカーボンニュートラルは、世界各地で大規模な気象災害が頻発する中、世界の大きな潮流となっており、2020年10月に政府は「2050年カーボンニュートラル」を宣言、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定した。さらに政府は2022年7月にGX実行会議を設置した。GX(グリーントランスフォーメーション)とは、産業革命以来の化石燃料中心の経済・社会、産業構造をクリーンエネルギー中心に移行させ、経済社会システム全体の変革することである。地質調査業は、洋上風力発電、水力発電ダム再開発、地熱発電などクリーンエネルギーに関連する業務を実施しており、今後のマーケット展開も含め、その動向を注視する必要がある。

(インフラ関連事故)

インフラ関連の事故を契機とした新たな取組もはじまっている。2012年12月に発生した中央自動車道笹子トンネル天井版落下事故を踏まえ、国土交通省は2013年を「社会資本メンテナンス元年」と定め、「インフラ長寿命化基本計画」が「インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議」においてとりまとめられた。各インフラの管理者においても「インフラ長寿命化計画(行動計画)」を策定し、

様々な分野でインフラの老朽化対策が取り組まれており、地質調査業界としても対応が求められている。また2016年11月に発生した博多駅前陥没事故を受け「地下空間の利活用に関する安全技術の確立について」の答申が出され、2020年3月に国土交通省と土木研究所が「土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン」を公表した。さらに2020年10月には、東京外かく環状道路の大深度トンネル工事に伴う地上の陥没事故が発生し、これを受けて土木学会が2022年9月に「地盤の課題と可能性に関する声明」を発表するなど、各方面で地質・地盤リスクマネジメントの必要性の認識も高まってきている。

(制度改正)

地質調査業に大きな影響をもつ制度改正としては、2018年の働き方改革関連法と2019年の公共工事品質確保促進法（品確法）改正があげられる。特に改正品確法では、従来の主目的であった工事に加え、測量、地質調査その他の調査及び設計も法の対象となった点で、地質調査業においても画期的なものとなった。また、公共工事の品質確保における地質調査の重要性が明示されたことは、それに伴う責任が重くなったことを意味する。改正品確法の柱である災害時の緊急対応の充実強化、生産性の向上、働き方改革への対応、調査・設計の品質確保について、地質調査業でもしっかりとした対応が求められる。

1.3 「将来ビジョン」の策定に向けて

全地連では、上述のような建設産業を取り巻く社会情勢の変化により、地質調査業を取り巻く環境も激変するとの認識の下、今後の10年を見通し、今後業界が目指すべき方向について検討するため、2020年9月7日に高知工科大学名誉教授の永野正展先生を委員長とした現場環境改善委員会を設置した。現場環境改善委員会の委員には、学識委員・全地連関連委員のほか、国土交通省からオブザーバーとして技術調査課建設技術調整室長、建設市場整備課専門工事業・建設関連業振興室長に参加していただいた。委員会は2021年10月26日の第5回委員会まで計5回開催し、その間、全地連メンバーからなる幹事会、事務局会議で議論を重ね、2021年12月に「将来ビジョン」の公表に至った。

2. 「将来ビジョン」

2.1 地質調査業の10年後の将来に向けて

「将来ビジョン」では、冒頭の「はじめに」に代えて、「地質調査業の10年後の将来に向けて」と題した文章を掲載した。地質調査業は、我が国経済や社会の動向と不可分な関係にあり、10年後の将来を考えるにあたって、その将来像を見据えて地質調査業の進むべき方向性を模索する必要があるとの認識の下、バブル崩壊以降の社会や地質調査業の置かれた状況を概括し、現時点で進行している社会変化の潮流について記述しつつ、地質調査業界が目指すべき方向性として「将来ビジョン」の内容を要約した。

そのなかで、2019年に始まった新型コロナウイルス感染症のパンデミックや、米中対立を軸とする国際情勢の混乱にも言及し、予測の難しい社会変化の中で、地質調査業が継続的に発展し、その社会的役割を全うしていくためには、業界として強い足腰が必要とされ、それは、それぞれの企業の経営資源、とりわけ人材と技術ではないかとの考えを述べている。

また、本項の最後には、この「将来ビジョン」の推進していくために、関係機関のご理解も得つつ、業界団体、各企業、技術者それぞれが目的意識を共有し取り組んでいくことが求められるとし、不可視である地下の地質・地盤を調査し解析する唯一の専門家集団として、また地質・地盤情報を活用した新たな付加価値を創造する情報産業として、地質調査業が継続して発展していく将来を目指し、それぞれの立場でもご尽力いただければ幸いであるとのまとめを記した。

2.2 第1章 地質調査業を取り巻く現状

第1章では、地質調査業を取り巻く現状について、地質調査業を取り巻く社会の動向、地質調査業の現状、若手技術者が考える地質調査の現況の3つの節を設けた。

(地質調査業を取り巻く社会の動向)

本節では、地質調査業に関わる社会動向について、人工減少・少子高齢化、生産性向上とSociety5.0、インフラ分野における生産性革命とBIM/CIM活用・DX推進、インフラの老朽化対策、気候変動と激甚化・頻発化する災害への対応、改正品確法の6つの項目について、それぞれの現状と地質調査業との係わりについて記述した。内容は前述の「1.2 その後の社会情勢の変化」と重複す

るので、ここでは省略する。

(地質調査業の現状)

本節は、地質調査業の現状についてとりまとめたものである。

まず地質調査業の歴史について、従来、産業としての法令的基盤が明確でなかったが、1977(昭和52)年に漸く、建設省告示として「地質調査業登録規程」が定められたこと、そして登録規程の内容について説明し、産業分類上の位置づけ(大分類:学術研究, 専門・技術サービス業, 中分類:技術サービス業, 小分類:土木建築サービス業)を示した上で、地質調査業の産業特性として、社会資本整備型受注産業、地域密着型産業、ハード・ソフト一体型産業、情報サービス産業、学問領域近接型産業の5つの特性を掲げている。

また、地質調査業の現況について、市場規模とその変遷、業者数・企業の規模、他業種(建設コンサルタント、測量)との兼業の状況について説明している。地質調査業の企業は、全国区の大企業から中小企業まで多様であるが、全地連加盟会社では、年間の売上高1億円未満の企業が約4割、1~5億円未満が約5割とその大宗を占めている。また建設コンサルタント又は測量と兼業している企業が約13%、3業種兼業の企業が約61%と兼業している企業が多いのが特徴である。またボーリング作業については、これらの地質調査業者とは別に、個人又は小規模経営企業による下請業者が多くを占めているのが実態である。

さらに、地質技術者の動向について、地質調査技士の登録者数が現場技術・管理部門(主として地質調査会社の技術者)は概ね一定であるのに対し、現場調査部門(主としてボーリング・オペレーター)では年々減少する傾向にあることを示した上で、オペレーターと助手の年代分布、経験年数分布から、オペレーターの高齢化が進んでいること、助手の定着率が低いこと等が懸念されている。

(若手技術者が考える地質調査の現況)

本節は、全地連の新マーケット創出・提案型事業で2019年度に実施した「若手活躍地質調査」の報告書を要約し再掲したものである。

2.3 第2章 地質調査業の課題と目指すべき方向

第2章では、地質調査業の課題と目指すべき方向について、まず第1節で事業環境分析を行ったうえで、第2~7節でそれぞれの課題ごとに今後の目指すべき方向について記述している。

(地質調査業における事業環境分析)

地質調査業における事業環境を分析するため、SWOT分析の手法により、地質調査業の内部環境を強み(Strengths)、弱み(Weaknesses)、外部環境を機会(Opportunities)、脅威(Threats)の4つのカテゴリで要因分析し、事業環境変化に対応した地質調査業界のあるべき方向性等について検討した。その上で、今後の業界としての戦略を検討するため、SWOT分析の結果に基づきクロスSWOT分析を実施し、積極・拡大施策、底上げ施策などの分析を行った。例えば、チャンスに強みを活かす積極・拡大施策として、既往地盤データ(DB)の効果的な活用、地質調査に関する新技術の普及・活用、3次元地盤モニタリング技術の発展と普及、地質リスクマネジメントの普及などがあげられる。一方チャンスを生かす手ために弱点を克服すべき底上げ施策としては、標準貫入試験の全自動化(高効率試験機の開発)、現場作業、検査の省力化(ICT, ロボット等活用)、とりまとめの効率化(i-con対応, AI等活用)、ボーリング技術者の増加(育成施設の設置)、新技術(ICT等)と地質技術を兼ね備える技術者の育成などがあげられる。さらにこれらの結果を用いて、今後取り組むべき課題ごとの検討マトリックスを作成している。

(地質調査業における生産性の向上)

本節では、地質調査業における生産性の向上に向け幾つかの具体的な提案をするとともにその実現に向けて必要な新たな制度や仕組みの確立について述べている。

まず、ボーリングマシンや標準貫入試験装置については、ボーリングマシン自体1980年時点の技術から大きな変化はなく、ロッド・ケーシング、標準貫入試験用重錘(モンケン)等の長尺重量材料の脱着の一部を人の手で行う作業があり入職者の減少、安全への器具などの課題がある。このため生産性向上や現場環境の改善、担い手の確保が期待できるようなボーリングマシンや標準貫入試験装置の自動化に向けた開発が待ったなしの状態となっている。現在、ボーリングマシンメーカーによる試作機の作成等が進められているが、地質調査業界として継続的な取り組みが必要であり、全地連としてもボーリングマシン自動化WGを設置して、検討を進めているところである。

また、 N 値の問題については、標準貫入試験手法そのものがオペレーターの能力の影響が大きく、また N 値と各種物性値との関係にはバラツキとともに限界があり利用や換算にあたっては十分注意

する必要があると指摘もあること、そして重たいモンケンを用いた調査が現場の苦渋労働につながるとともにボーリングマシンの自動化のネックともなってきたことがあげられる。 N 値に代わる評価手法としては、小型の動的貫入試験 (N_c) の導入、調査孔を利用した直接原位置試験 (連続) の導入、既往 N 値データを用いた N 値補間手法の開発、非破壊調査手法の導入などが考えられるが、我が国では N 値は広く設計等で活用されており、それに代わる新たな評価手法は、研究機関、行政を含めて認められないと活用されないことから、今後とも幅広い議論が必要であり、全地連としても標準貫入試験のあり方検討WGを設置して、検討を進めているところである。

最後に、地質調査業におけるDXへの取り組みについて、従来より様々なセンサーの開発、データのデジタル化、オンライン化、地盤の3次元解析手法の開発、地質・土質3Dモデルの活用、LPデータ、衛星データの活用、地盤データのデータベース化などを進めてきたが、今後さらに取り組むべき分野として、地質・地盤情報に関するデータプラットフォームの構築、BIM/CIMにおける地質・地盤3Dモデルの活用及び地質・地盤情報の引き継ぎ、地質調査現場におけるICT活用を掲げ、具体的な展開方法について示している。

(ボーリング現場における人材確保、人材育成)

ボーリング調査では、ボーリング掘削を行う技術者とボーリングを含む現場の技術管理・安全管理・進捗管理などを担当する技術者が共同で調査業務を実施し、ボーリング孔を利用するサウンディングや原位置試験等では、これらの技術者と共同で業務を実施している。

ボーリング現場に代表されるようなフィールドワークを行う地質調査技術者において将来の担い手確保のためには、地質調査業の重要性のアピール、技術革新等による作業環境の改善、希望の持てる労働環境の創造及び発注経費の改善等が必要と提案されており、それぞれについて具体的なアイデアが示されている。また、ボーリング掘削を行う技術者については、個人又は小規模経営企業であることが多く、人材確保及び人材育成の双方を考えて行かなければならないことから、PR活動による魅力ある業界のアピール、教育制度の充実(業界として教育システムを作ることも重要)、半自動化ボーリングマシン、現場用トイレの設置及び作業服のデザイン変更等の現場環境改善などの提案がなされている。いずれにしても継続的な検

討と関係機関への働きかけが必要であり、全地連としても人材確保・育成WGを設置して、検討を進めているところである。

(現場における働き方改革への対応)

地質調査業にとって現場作業における課題点を改善することは、安全に働くこと、技術者の確保や若手技術者の育成のためにも非常に重要であり、2019年に働き方改革関連法が施行され、業界としても働きやすい現場環境づくりを積極的に推進していく必要がある。このため本節では、調査の現場における安全性の向上、衛生環境の充実、健康管理の促進、労働量の適正化と単価改定の4つの課題について、その改善策を提案している。その実現に向けて人材確保・育成WGによる検討を進めているところである。

(地質・地盤リスクマネジメントの推進)

地質・地盤リスクマネジメントについては、「1.2 その後の社会情勢の変化」で記述しているとおり近年その必要性が各方面からも認められつつある。本節では、地質調査業のとして地質・地盤リスクマネジメントの推進に向けての課題として、関係者の理解促進、地質リスク調査検討業務の普及、三者会議・合同現地踏査への地質技術者の参加の一般化、地質リスク調査検討業務におけるICTの活用、継続的な情報発信、教育・PR活動を掲げ課題点を整理している、そして、中長期的な視点に基づく地質・地盤リスクマネジメントの目指すべき方向性として、マネジメント体制と地質技術顧問の活用(GRE:ジオ・リスクエンジニア等を有効活用)、新しい入札契約方式(PM/CM, PFI, デザインビルド、事業促進PPP, ECI:アーリー・コントラクター・インボルブメント等)への対応、計画段階における地質技術者の関与の促進、工事結果に基づく地質・地盤リスクマネジメントの効果検証とフィードバック、維持管理段階での活用について記述している。全地連としても地質リスクマネジメントの普及・発展が今後の事業展開にとって重要であると認識しており2023年度から新たに「地質リスクマネジメント委員会」を設置し、取り組みを進めることとしている。

(激甚化する災害への対応)

災害対応については、「1.2 その後の社会情勢の変化」で記述しているとおり、気候変動に伴う災害の激甚化・頻発化、南海トラフ巨大地震など大規模地震災害の発生について対応するため、地質調

査業としての貢献が求められている。

具体的には、災害に対応するインフラの強化と早急な整備の他、人命の最優先とした対策として、防災地理情報の幅広い活用、地質・地盤情報の理解促進とリスクマネジメントの導入、災害に対応できる高度な専門性を有する技術者の養成、一般市民向けの防災意識醸成のための教育活動、モニタリング技術等の導入等が示されている。また大規模地震災害への対応として、地震の発生・伝播機構の解明、地震に伴う地盤災害や液状化の予測、地震後の災害復旧や復興に向けての調査や復旧工法の提案、地震後の調査に活用できる地質・地盤データベースの整備・運用、地震災害時の迅速な調査を可能とする技術の開発、液状化・斜面崩壊等の地盤災害の調査・予測技術の高度化、地震災害時に即応できる業界の協力体制の整備などが掲げられている。

(地質調査業の発展に向けた業界活動、企業経営)

第2章の最後である本節では、業界活動、企業経営の課題をまとめるとともに、業界が今後目指すべき方向について幾つかの提案をしている。

まず、事業環境及び受注環境の変化については、今後の社会情勢によっては地質調査の減少、関連業界等との競合領域における受注環境の変化などの想定が必要であり、低価格入札等による価格競争、繁忙期・閑散期の差異が顕著といった課題がある。このため、地質調査業の強みである高い専門性を有する資格者を活用するとともに、プロモーションを強化し業界としてのマーケットを確保しつつ、さらに隣接業界への参入強化についても検討していくことが望まれる。また、業務量平準化や適正価格での入札に向けて、公共発注機関への働きかけが必要であるとしている。

つぎに、技術革新については、地質調査業界では過去数十年間ボーリングマシン自体の技術に大きな変化は見られず新技術開発のスピードが遅いといった課題に対して、現場作業及び試験・計測の省力化（ICT、ロボット等活用）や解析・とりまとめの効率化・高度化（i-construction 対応、AI 等活用）の推進が挙げられている。

さらに、技術サービス業である地質調査業にとって人材は最大の経営資源であり、「人財」そのものであるとの認識を示した上で、業界のイメージアップ、知名度の向上を目指し、ターゲットを明確にした戦略的な人材確保の取り組みが求められるとしている。このため具体的には、働き方改革の一層の推進やダイバーシティへの配慮など企業経営

の中で配慮すべきである。また、建設業界とも連携しつつ業界のリブランディング戦略について取り組む必要があり、その際、関係する学協会だけでなく、メディア戦略や一般市民・学校との連携など、多様な手段を考えるべきとの提案をしている。

2.4 第3章 将来ビジョン

第3章では、地質調査業が、今後の進むべき方向性を示すため概ね10年後の地質調査業界の在るべき姿を将来ビジョンとして描いたもので、地質調査業の社会的意義、地質調査業の発展に向けて、地質調査業の経営戦略の3つの節ごとに幾つかのビジョンを副題付きで提示した。

(地質調査業の社会的意義)

本節では、地質調査業の社会的意義を明確に示すことにより、社会における地質調査業の役割を示すとともに、地質調査の重要性についての認知度の向上につなげようとするものである。

最初に、「地質調査業の社会的意義の明確化とブランディング（～まずはインターナル・コミュニケーションから～）」と題して、地質調査業の意義の再確認とブランディングの提案をしている。地質調査業の意義については、地質調査業が目に見えない地下の地質や地盤について調査・分析し、その情報に考察も加えたうえで発注者等に報告をする等の形で営まれる知的サービス産業であるが、地質調査の成果が直接国民の目に触れる機会はあまりないことなどから重要性についての社会的な認知はまだ十分ではない。ブランディングの基本は、あるべき姿を想定してそれをアイデンティティとしてカタチにすること、そしてあらゆる活動を通じて伝え、浸透させることにあるが、まずはインターナル・コミュニケーションにより業界内の意識改革を行い、そして発注者や関連業界へと広げる活動につなげることを提案した。

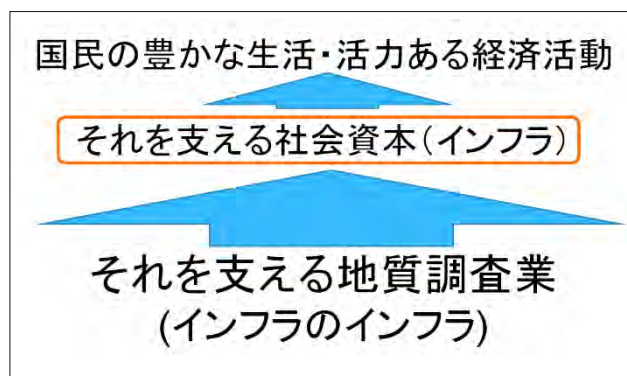


図2 インフラを支える地質調査業のイメージ

その具体的内容として、まず「あらゆる社会基盤の根幹を支える地質調査 ～地質調査はインフラのインフラ～」として、地質調査業が国土建設、維持管理、防災など全ての社会インフラの基盤となる地質・地盤に関する唯一の総合専門企業集団であることを踏まえ「地質調査はインフラのインフラ」というキャッチフレーズを提案した。

次に「社会の安全をまもる地質調査 ～地質調査により、脆弱日本のリスクを分析、リスクに対処～」では、災害列島ともいべき我が国の現状を踏まえた上で、地質調査業が、地震災害や火山災害、頻発する風水害、土砂災害等に対して社会を守る専門家集団として、他の分野では追従できない卓越した技能や先進の技術を用い、地質、地盤、水文、地下水、地すべり、がけ崩れ、軟弱地盤、液状化、活断層、火山等の調査、分析、対策検討を通じて安全な社会に貢献していることを示した上で、この業界に係る者は、そのことに誇りを持つと同時に社会的な責務を担っていると考えるべきと提案した。さらに、日本の複雑な地形や地質に起因する事業のリスクについては、計画、調査、設計、施工、維持管理の各段階で地質技術者が関与しリスクマネジメントを実施することで、安全かつ経済的なインフラの整備や維持管理に高度な専門技術を持つ地質調査業が貢献すべきであると示した。

さらに「地質調査を通じた国際貢献 ～複雑な日本の地質が育んだ高度な調査技術をいかした国際貢献～」として、海外へのインフラ輸出に際しては、我が国の優れた地質調査技術もセットで輸出するべきで、質の高いインフラ輸出のためには、質の高い地質調査が必要であること、あわせて相手国への技術移転と技術力向上を図ること、さらに我が国の優れた技術者が海外の大規模プロジェクト等において責任のある地質技術顧問として活躍することなど、国内の課題のみならずグローバルな課題を含め社会的課題の解決と未来創造を進める姿を描いた。また地質調査を通じ、持続可能な開発目標（SDGs：Sustainable Development Goals）達成への貢献も期待できることを示した。

（地質調査業の発展に向けて）

本節では、第2章で掲げた様々な課題に関連し、課題解決の先にある地質調査技術、情報化、魅力向上、現場の意識改革の将来の在るべき姿について示した。

「地質調査技術の継承、進化 ～「匠」の技からボーリングマシンの自動化まで～」では、高度

な技術を持つ人材の継承・育成や新技術開発について記述した。高度な技術を持つ現場技術者の地位向上と処遇改善（特に収入増が重要）を図ることにより、若手人材のロールモデルとなり、職業としての魅力向上にもなること、また地盤等の解析技術の高度化に伴い、高い技能を持つオペレーターの育成や知識・経験のデジタル化により、管理・処理の効率化や精度の底上げを図られるべきことを示すとともに、担い手不足解消のため、現場作業や検査の省力化の取組みの推進、現場で働く人のダイバーシティへの配慮、作業負担の軽減が必要であり、アシストスーツの導入、ボーリングマシンの省力化・自動化、標準貫入試験に代わる地盤調査手法が活用するための関係機関との調整などを行うこととしている。新技術の開発・普及については、最新テクノロジーを地質調査の分野でも積極的に活用するため、全地連の新マーケット創出・提案型事業などを活用し業界団体としてこれに取り組む。また、発注者側にも理解していただくため、業界団体と発注者との意見交換、地質・地盤リスクマネジメントの第三者会議、BIM/CIMにおける地盤の3Dモデル化などのあらゆる機会を捉え地質調査の新技術普及を図ることとしている。

「地質調査の情報化、地質情報の高付加価値化～新しい時代の情報産業として地質調査業を再定義する～」では、新しい時代の情報産業としての地質調査業について、以下の再定義を行った。

地質調査業は、見えない地下の調査結果を社会に有用な情報に加工し提供する知的サービス産業であり、提供するサービスは「情報」である。そして、その「情報」は、単にボーリング調査等により得られたデータのみならず、現地踏査等の結果も踏まえ地質技術者の高度な知識や経験により地質を解釈しデータを補完し、地域の地質構造を3次元的に、さらに形成過程も含めると4次元的に推測することにより、リスク情報や精度の高い三次元情報など、さらに付加価値の高い情報として社会に提供される。

また今後の情報化社会における地質調査業について、Society5.0では情報と現実が高度に融合し、今までにない新たな価値が生み出される新しい社会が想定されているが、地質調査によりもたらされる地質・地盤の情報は、他の分野では得られない唯一無二の情報であり、これをどのようにサイバー・フィジカル・システムとして活用していくかのキーは地質調査業界が握っている。そのため

にも地質調査分野でのDX推進が必要であり、例えば様々なセンサーやデバイスを活用した計測技術、地盤の3Dモデル、IoTを活用したデジタルツイン、情報のデータベース化・オープンデータ化等を推進し、さらなる高付加価値を生み出す情報産業として地質調査業が発展する姿を示した。今後、地質リスク情報や3Dモデルなど、地質・地盤に関する情報などを統合的に集約し、それを二次利用する仕組みにより、広域地盤の3Dモデル化等のプロダクトだけでなく、新規事業の立案、インフラメンテナンス、地質・地盤リスクマネジメントなど様々な場面での地質情報のより一層の活用が期待される。さらに地下埋設物情報のデータベース化、地質調査分野のDXを発展させる人材育成についても言及している。

「地質調査業の魅力向上 ～若手が希望の持てる地質調査業界へ～」では、人材確保・育成のためのビジョンを示した。具体的には前述したブランディングの他、働き方改革の推進、職員の処遇改善、業界としてイメージアップ、ダイバーシティの確保、技術者の技術が評価される制度、安定的な経営基盤の確立、そしてこれらを実現するための企業意識の改革や業界全体で取り組む枠組みづくりなどを提示した。また、地質調査の未来の夢を語り地質調査が社会的に担っている様々な役割を踏まえた「地質調査の世界観」を提示するといったアイデアも示された。さらに、地質調査の重要性の社会的認知のボトムアップを図るために、地学教育、防災教育、環境教育に業界として積極的に関与すること、例えば、防災に対する社会的関心が高まっていることを踏まえ、自然災害への理解を深める地学的知識についても防災教育の一環として取り組むこと、さらには地学の必須化も視野に入れ関係方面への働きかけを行うなどが提案されている。

「地質調査技術者の地位向上に向けた意識改革 ～ボーリング調査には、高度な技術的判断が不可欠です～」では、国土交通省の標準積算基準書において、地質調査業務を行う技術者に関する職種区分定義の中に「高度な技術的判断を含まない単純なボーリング作業」という文言が未だに残されているという現実を踏まえ、地質調査技術者の地位向上に向け意識改革し、業界一丸となって地位向上に取り組んで行く必要があることを記述している。

(地質調査業の経営戦略)

本節では、業界が取り組む地質調査業の経営戦

略として、他業種との関係や地方における地質調査業のあり方について示している。

「業域の拡大、他業種との協業 ～競争領域と協調領域を明確化する経営戦略～」では、地質調査業が、地質調査というコアな専門領域を有しつつ、他の建設関連業である測量業、建設コンサルタント業を兼業する企業が多いこと、また工事での地質調査も実施しており建設業とも関係性が高いことを踏まえ、他業種との関係において競争領域と協調領域を明確化することを提案している。

競争領域としては、地質・地盤に関するコンサルタント業務があげられる他、レーザ測量やSAR衛星のデータを用いた解析などがある。特に地形と地質は表裏一体であり、地表面と地中を立体的に理解できる地質技術者の専門性をいかして、自然フィールドにおける諸問題を解決する役割を担うべきである。そのためにも最新のICT技術やコンピューター技術にキャッチアップし地質調査業の比較優位性を戦略的に担保するとともに、地質調査業の専門性の高い領域においては、技術の高度化、情報の高品質化等への努力を継続することにより、技術の陳腐化を防ぎ、地質調査業の専門性を確保していく必要がある。

協調領域については、事業推進PPP、PM/CM、ECIといった契約方式の展開が進んでいるが、地質・地盤に関係の深い工事であれば、地質調査業が協調的に関与できるとしている。さらに、他業種との連携を深める中で、ゼネコンや機械、情報通信、計測機器等のメーカーが持つ技術やノウハウについて積極的に「学ぶ姿勢」と他業種の領域で活用できる地質調査技術について「伝える技術」の必要性を指摘している。また、地盤・地質リスクマネジメントの実施に際して「ONE-TEAM体制」の実現、即ち事業者との連携や設計・施工の分野との協調がより重要となる。

なお、地質調査業が協調領域において十分に実力を発揮するためには、発注者の理解と連携が不可欠であり、発注者サイドに地質専門家を配置することがインフラ事業における品質確保、効率確保、安全性の向上につながることを、地質調査業界としても長期的な視野に立って発信すべきとの提案もなされている。

「地方における地質調査業の役割 ～地域で持続可能な地質調査業へ～」では、地域における地質調査業の継続発展に向けて、あるべき将来の姿を示している。具体的には、地方における地方自治体等の発注機関では、専門技術者が少なくなっており、このため発注者支援の仕組みに地質調査会

社がプロジェクトの企画・構想段階から策定メンバーとして参画し、行政、建設コンサルタント、建設業者との協働により地域のインフラ整備、インフラメンテナンスを効果的かつ効率的に進めることは重要であり、そのための体制づくりが望まれるとしている。また、地方自治体等の発注機関には地質専門家が極めて希薄であることを踏まえると、地質技術顧問のような形での行政支援分野への業務拡大も視野に入れる必要がある。一方、地域によっては、改正品確法の理念が十分に波及していない事例も見受けられることから、今後「適正な利潤の確保」、「調査等の業務の内容に応じた資格等の適切な評価、活用」等について適切な運用が図られるようすべきとの指摘している。

2.5 おわりに、Appendix

「おわりに」は、「将来ビジョン」の策定にご尽力いただいた永野正展委員長にご執筆いただいた。また、本文中に入りきらなかった「地質調査業におけるSDGs ～SDGsに寄与する地質調査業をめざして～」と「アクションプラン ～未来に向けた行動計画と行動指針～」については、Appendixとした。

3. 全地連 60 周年に寄せて

「フォローアップ 2013」からの10年は地質調査業を取り巻く社会的環境が大きく変わっており、いわば変革の時代を意識して「将来ビジョン」は策定された。その後も2022年2月のロシアによるウクライナ侵攻が起これ国際情勢は混迷を深め、国内でも円安、物価高、資材不足などの影響が生じている。先の見通せない時代であるからこそ、あるべき姿をビジョンとして提示することの意味があると考えており、この「将来ビジョン」が次の10年の羅針盤となり、業界の進むべき道を照らしてくれるものになることを希求する次第である。

〈参考文献〉

- 1) 一般社団法人全国地質調査業協会連合会、「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～」<https://www.zenchiren.or.jp/geocenter/vision/vision.pdf> (2023年2月22日現在)

防災・減災からレジリエントで 持続可能な国づくりへ

はせがわ しゅういち
長谷川 修一*

Key Word

レジリエンス、持続可能、津波廃棄物、土壌汚染、ジオパーク

はじめに

1962年度の全国地質調査業協会連合会（全地連）の結成から60年間にわたり、地質調査業界は、社会資本整備、防災対策、環境保全、資源開発等の地質調査を通じて、日本社会の発展に多大な貢献をしてきた¹⁾。地質調査業界が、この60年間、社会の要請に応えると共に、地質調査業に係る雇用を増やし、従業員とその家族、そして地域社会を支えてきたことは誇るべき偉業である。

地質調査業界の受注額は、阪神淡路大地震が発生した1995年には2000億円に近づいたが、時の村山内閣の竹村財務大臣による財政危機宣言によって公共投資に急ブレーキがかかり、村山内閣退陣を受けた橋本内閣の行財政改革によって公共投資を抑制する仕組みが定着した。その後の小泉構造改革によって公共投資の削減、防災関連予算の削減が加速し（図-1）²⁾、地質調査受注額が激減した。その結果、東日本大震災が発生した2010年度には防災関連予算は、1995年のピークの投資の7分の1に激減し、地質調査受注額は1995年の3分の1程度になった。

よく考えてみると、大規模災害は発生すると復旧復興に公共投資と民間投資が集中するので、GDPが急速に増大する。そのまま復興事業に公共投資を継続したら、民間投資を呼び込み、日本のGDPは米国に迫る勢いだった。これが、財政危機宣言、公共事業バッシングの背景だったのではないだろうか。国内に投資の場を召し上げられた過剰の円は、小泉・竹中構想改革によって、海外（主に米国と中国）への投資に流出し、日本のGDPでなく、米国と中国のGDPを増大することに利用された。しかし、その投資のリターンは、2008年のリー

マンショックによって失われた。国民の不満は新自由主義による構造改革を推進した自由民主党に向けられ、2009年に民主党に政権が交代した。

民主党は、無駄な公共事業が地方を疲弊させたとして「コンクリートから人へ」政策を進めて、高速道路、ダム建設などの公共事業を凍結し、ますます地方を疲弊させた。このタイミングで発生したのが、2011年東日本大震災である。日本経済にとっては、震災後の復興需要によってGDPが増大するチャンスだった。東日本大震災直後に藤井聡（2011）³⁾は「日本復活5カ年計画 列島強靱化論」で、日本復活の道筋を示した。しかし、震災直後に復興特別所得税が導入され、復興に伴う日本の経済成長のチャンスは増税によってつぶされた。財政規律という局所最適は、日本国民にとっては凶でしかなかった。

今後20年先を見通すと、令和の時代は厳しい冬の時代になると予想される。このまま人口減少が進めば、2040年には、3人の現役世代が、2人の高齢者を支える超高齢化社会になると警告されていたが（河合、2017）⁴⁾、新型コロナウイルス感染症対策によって、2022年の出生数が80万人を切り⁵⁾、人口減少が予想より10年早く進行していることは衝撃を与えた。少子高齢化の日本を襲うのが、巨大自然災害である。首都直下地震の今後30年以内に発生する確率は70%程度とされるが、今後20年以内は50%程度である。また南海トラフ地震が20年以内に発生する確率は60%程度である⁶⁾。これは、20年後の日本は少子高齢化の社会が巨大複合災害に襲われ、これまでの衰退から一挙にアジアの最貧国に落ちぶれている可能性を示している。山ほどニーズがあって地質調査業界に専門技術者・技能

*香川大学特任教授・名誉教授 四国危機管理教育・研究・地域連携推進機構副機構長

附属資料 35 防災関係予算額の推移



出典：各省庁資料より内閣府作成

図-1 防災関連予算の推移 (平成30年版防災白書)²⁾

者がいなければ、どうすることもできない。

本稿では、まず国難直後の危機を乗り越えるために課題を検討し、さらにバックカastingを意識しながらレジリエントで持続可能な日本社会の再興に対して地質調査業界がどのように貢献できるか、考えてみたい。

2 我が国の災害対応の特徴

国土学を提唱している元土木学会会長の大石久和氏は、「国土学」が解き明かす日本の再興」(海竜社、2021年)⁷⁾の中で、他国他民族からの領土略奪と虐殺を受け続けたユーラシア大陸の民族が「紛争死史観」で世界を見るのに対して、自然災害を脅威と共に恵みとして受け入れてきた日本人は災害死を避けることのできない「災害死史観」で世界を見てると、以下のように説明している。

「紛争死史観の国や民族では、平和は軍事力が均衡している状態であり、この平和は何かがかきかけで容易に崩れ、紛争から戦争に発展する。戦争には相当な準備期間が必要で、戦争のグランドデザインと大義名分を立てて、外交交渉を進めて、徐々に勝利できる情勢を構築していかないと、国が亡ぶこともある。従って、戦術もさることながら戦略がより重要である。これに対して、紛争死を水に流し、自然災害による死を受容してきた日本人は、事前の準備で災害を迎え撃つ発想はなく、災害後の対応もその場しのぎである。」

1961年に施行された「災害対策基本法」⁸⁾は、1959年の伊勢湾台風を契機として施行された法律で、60年前の貧しい時代の産物である。例えば、避難者は体育館での雑魚寝を強いられるが、これは難民キャンプより劣悪な環境である。また、基本的には事後対応で、2021年に改正されるまで災害対策本部を災害発生前には設置できなかった。災害対策基本法は、災害経験に基づき、大きな災害が発生するたびに改定された結果、法体系がパッチワークになっている。

これまで災害復旧では現状復旧が基本で、次の災害に備えて、堤防等を強化するのは災害復旧として長い間認められなかった。これを大きく変えたが、2015年の第3回国連防災世界会議で採択された仙台防災枠組2015-2030の「より良い復興(Build Back Better)」である⁹⁾。現在では、災害復旧関係事業には、災害復旧事業費のみをもって原形復旧するものと、それに改良工事費を加え再度災害防止を図る改良復旧があり、いずれも高率な国費負担が受けられるようになっている¹⁰⁾。

大規模自然災害に向けて戦略的に備える法律は、2013年に施行された「国土強靱化基本法」が初めてである。国土強靱化(ナショナル・レジリエンス)は、国家のリスクマネジメントであり、強くしてしなやかな国をつくることであり、日本の産業競争力の強化であり、安全・安心な生活づくりであり、それを実現する人の力を創ることである(内閣官房、2023)¹¹⁾。しかし毎年の予算支出は、財政規律

堅持の方針によって小出しになっている（戦術がまずい）。

▼3 巨大災害の災害マネジメント

国土強靱化が想定する最悪のシナリオは、首都直下地震、南海トラフ地震、大規模水害による首都水没、富士山噴火等である。通常のリスクマネジメントでは、目的と対象を設定して、リスクを特定し、そのリスクを分析したリスク評価を基に、リスクの回避・低減・移転・受容とそれらの組み合わせで対応する。しかし、国難級の巨大自然災害に対しては、リスクマネジメントの想定を超える事態になると想定される。外力の規模の予測に大きな幅があり、発生した災害が次の災害を引き起こし、連鎖的に被害が拡大し、予測不可能になるからである。広域かつ壊滅的な災害になると個別の事業継続計画（BCP）は絵に描いた餅になりかねない。

とはいえ、起きてから考えるのでは、遅すぎる。では被災を前提にどのように災害マネジメントをしたらいいのだろうか。通常、危機の段階は、以下の段階に進行するとされる。そして災害マネジメントの目標は、災害の拡大を防ぎ、カタストロフィー（破局）にしないこと、さらには被害を縮小する縮災をめざす。いわば、大難を小難にすることが災害マネジメントである。

- ①インシデント（事件）
- ②エマージェンシー（緊急事態）
- ③クライシス（危機）
- ④ディザスター（災害）
- ⑤カタストロフィー（破局）

問題解決の手法には、先に課題を定義して、その解決策を考えるフォーキャストイングがある。例えば、土石流の被害を軽減するという課題の解決策をフォーキャストイングで考えると、ハード対策として砂防施設の建設がある。しかし砂防施設によって山地からの土砂供給量が減少すると河川の洗堀によって橋脚の基礎が洗堀され、海岸線が後退するなどの別の被害を引き起こす。そして、1つの課題を解決すると新たな課題への対応に追われることを繰り返すようになる。局所最適から全体最適を目指すには、専門領域だけでなく広く視野から多面的にかつ長い時間軸で考える必要がある。

そこで注目されているのが、バックキャストイングである。バックキャストイングは、あるべき姿を定義して、その実現手段を考えるアプローチをとる。いわば、病気の治療がフォーキャスト

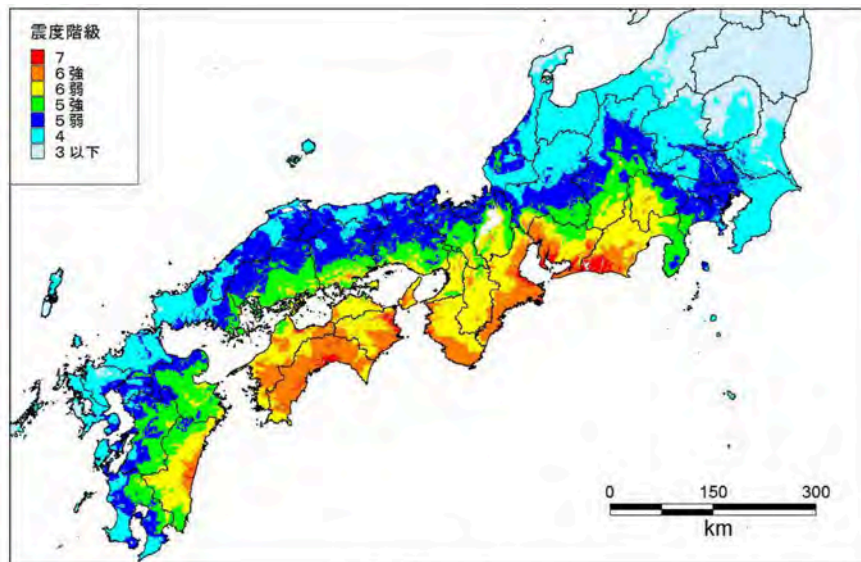
イングで、ヨガ等の心身の健康法がバックキャストイングであろう。ある生活習慣病と診断されると1つの薬剤の副作用を軽減するために次々と薬剤が追加される。基本的には症状の緩和であるから、治る見込みはないので、死ぬまで多くの薬剤を飲み続けることになる。その結果、医療費が増大し、製薬会社が儲かるビジネスモデルが出来上がっている。一方、健康法は成功すればいいものの、目標と実現手段を間違えると、逆に不健康になる。バックキャストイング的手法は、短期的な問題解決に向いていないので、途中で挫折しやすい。また失敗のリスクが高くなるので、壮大な社会実験になりかねない弱点がある。

▼4 南海トラフ地震後の被害の迅速な把握と復旧

西日本の太平洋ベルト地帯に壊滅的な被害をもたらす南海トラフ地震が20年以内に発生する確率は60%程度である（地震調査研究推進本部、2023）⁶⁾。過去の発生事例から、東半分の東海地震と西半分の南海地震は連動してきたので、激震を2回以上経験する国難と言える状況になる。次の南海トラフ巨大地震の発生時期は予測出来ないが、2038年頃に起こるかもしれない（尾池、2015）¹²⁾と想定して、迎え撃つ方策を考えたい。

南海トラフ地震の被害想定（内閣府、2012）¹³⁾によれば、太平洋沿岸だけでなく、内陸地域まで震度6強以上のエリアが広がる可能性がある。南海トラフ地震の被害想定では、地震による斜面崩壊は注目されていない。これは、重要性が低いからではなく、実用的な被害想定手法がないからである。もし、実用的な地震による被害想定予測手法が開発されれば、地震による斜面崩壊によって長期間通行止めになる可能性の高い重要道路については、トンネルなどによる迂回路や対岸にバイパス道路を建設することによって早期の救援や復旧が可能になる。

内田ら（2004）¹⁴⁾は、地震動の地形効果と地震の最大加速度から地震による斜面崩壊危険度を評価する手法を提案しているが、地すべりや深層崩壊には適用できない。これは、地すべりや深層崩壊は地下の地質状況が大きく影響しているからである。千木良（2006）¹⁵⁾は、大規模な斜面崩壊は、前兆地形が形成されている斜面で発生しているので、前兆地形から発生場を予測することが可能であることを示したが、被害想定への適用はこれからである。



陸側ケースの震度分布

図-2 南海トラフ地震 (M9) による震度分布予測 (内閣府, 2006) ¹³⁾

野々村ら (2011) ¹⁶⁾, Nonomura et al. (2017) ¹⁷⁾ は、斜面の重力変形による岩盤の緩みのある斜面を周囲より比抵抗の高い領域とみなして、岩質の違いによる比抵抗を相対化するため比抵抗凹凸度によって抽出し、内田 (2004) による地形効果の影響を掛け合わせた、地震による斜面崩壊危険度を提案し、その地表分布を図示した (図-3)。しかし、予測結果の実地震による検証はこれからの課題である。比抵抗情報の取得には、航空機に空中電磁探査が利用されているので、調査費用が高額なものも課題である。このため、ドローンによる空中電磁探査の適用も検討されている (木下ら, 2021) ¹⁸⁾。トンネル坑口のような狭い領域における探査には

ドローン空中電磁探査に活用も期待される。

これまでの地震対策は、先ず命を守ることが優先され、国難級の災害後を生き延び、生活や産業を再建するまでは至っていない。地質調査業は災害後どのような役割を期待されているのだろうか。

災害が発生すると、社会インフラの被害状況を調査して、災害査定が行われるが、大規模かつ広域災害の状況を迅速に把握するためには、リモートセンシングの中で干渉 SAR (合成開口レーダー) ¹⁹⁾ が有効である。また、災害前に航空レーザ測量によって、災害前の数値標高モデル (DEM) と数値表層モデル (DSM) を取得しておけば、その差分をとれば、被害規模を把握することができる。最

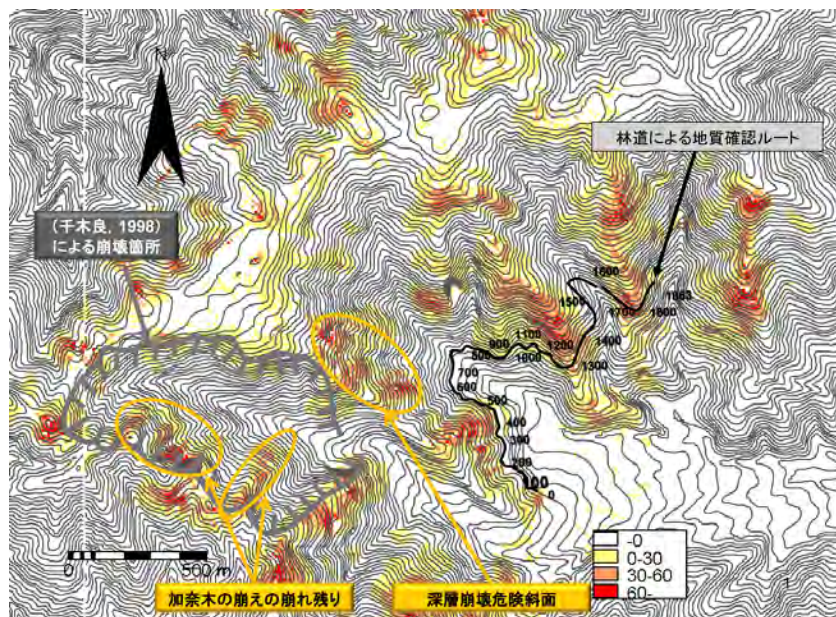


図-3 加奈木の崩えり周辺における地震による深層崩壊危険度 ¹⁶⁾

近は、ドローンを利用して、崩壊地の迅速な3次元測量が行えるようになってきた²⁰⁾。航空レーザー測量によるDEMとDSMは重要な社会インフラである。これに国土情報リンクすれば、早期の災害査定を支援できる可能性がある。これまで国土情報は都市部の平野が中心であったが、山地部の道路のボーリング調査データの有効利用の道が開かれるであろう。

5 南海トラフ地震津波浸水跡地の 土壤汚染問題

ショック・ドクトリンとは、戦争、自然災害を含む大惨事を過激な市場主義経済への荒療治に利用する「グローバル資本主義」が合法的に富を略奪する手法である（ナオミ・クライン、2011）²¹⁾。アメリカ政府とグローバル企業は、戦争、津波やハリケーンなどの自然災害、政変などの危機につけこんで、あるいはそれを意識的に招いて、人びとがショックと茫然自失から覚める前に過激な経済改革を強行してきたという。惨事に対してその場しのぎで対応して、後から検証しない災害死史観の民族は、次の惨事の際も同じ轍を踏むかもしれない。災害後にショック・ドクトリンにはまらないために、惨事の後に起きることを想像することが必要である。

日本の人口と資産が集中する太平洋ベルト地帯の沿岸部は津波により壊滅的状态になると（図-4）¹³⁾、これまでなんとか苦境を乗り越えてきた企

業が存続の危機になる。特に駿河湾、伊勢湾、大阪湾等の津波浸水地区では、海底に堆積したヘドロが黒い津波となって襲ってくる。東日本大震災の場合には、津波堆積物中に含まれる化学物質は、一部でヒ素が環境基準を超える程度であったが、太平洋ベルト地帯の海底ヘドロには、戦後の高度成長期以降に垂れ流した重金属などの有害物質が含まれる可能性が高い（図-5：産業総合研究所地質調査総合センターの地球化学図）²²⁾。津波廃棄物が有害物質によって汚染されているとしたら、東日本大震災の時のような分別処理は難しいかもしれない、今から仮置き場と処理方法を検討する必要がある。

津波浸水跡地は、土壤汚染の蓋然性の高い土地が一般の人が立ち入ることのできる状態なので、土壤汚染対策法²³⁾によって土壤汚染調査が行われることになるだろう。調査によって重金属などの有害物質が確認されれば、撤去か浄化しなければ土地の資産価値はなくなる。そうなれば、絶望的になった経営者が、被災と無縁の外国企業、あるいは外資が株主の日本企業からの暖かい買収提案を受け入れ、かつての一等地を底値で売ってしまうことになりかねない。このような事態を避けるためには、災害後の土地を一時的に国有化し、外国企業・外資企業に売ることによって禁止する法律を整備しておかなければならない。そうしないと、日本人は外国企業・外資企業の土地で暮らすことになる。

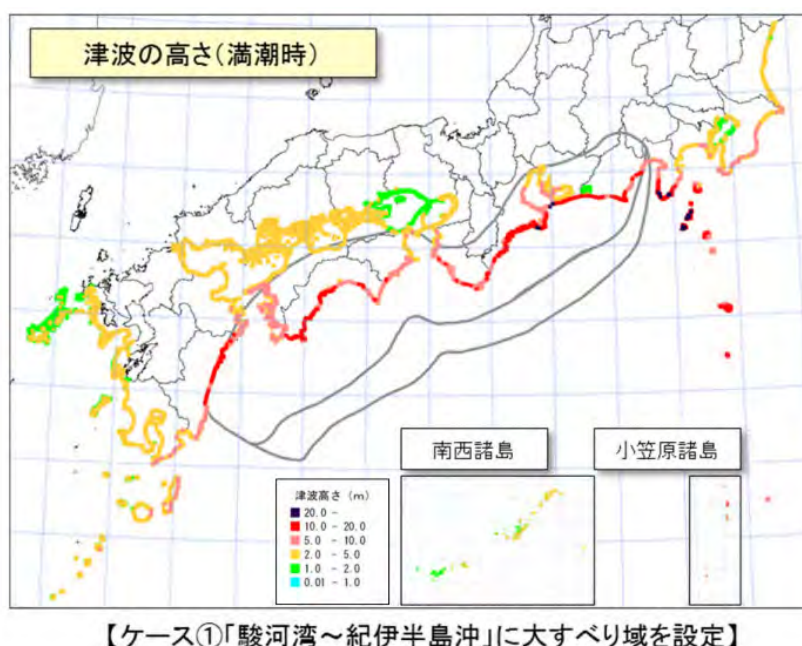


図-4 南海トラフ地震 (M9.1) によって想定される津波の高さ (内閣府、2012) ¹³⁾

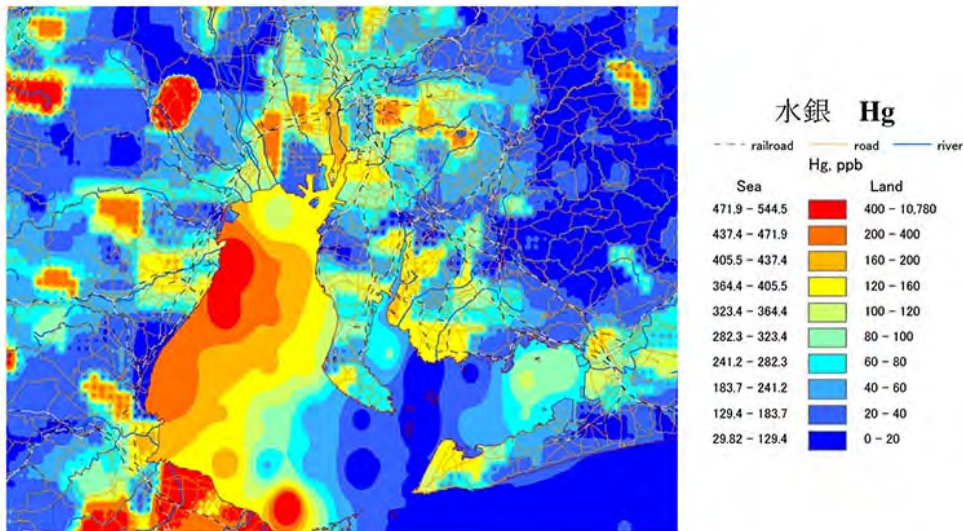


図-5 伊勢湾周辺地域の地球化学図の一例（産業総合研究所地質調査総合センター）²²⁾

津波災害から早期に地域が復旧・復興するためには、まず個人的な備えとして、職住分離が考えられる。平成23年12月に制定された津波防災地域づくりに関する法律²⁴⁾により、都道府県知事は、津波浸水想定を踏まえ、津波が発生した場合に、住民等の生命又は身体に危害が生ずるおそれがあり、警戒避難体制を特に整備すべき区域を「津波災害警戒区域（イエローゾーン）」として指定することができるようになった。さらに、警戒区域のうち、津波により建築物が損壊し、又は浸水し、住民等の生命又は身体に著しい危害が生じるおそれがあり、一定の開発行為や建築物の建築等を制限すべき区域を「津波災害特別警戒区域（オレンジゾーン）」として指定することができる。

ハザードマップは、避難のためだけでなく、都市計画にこそ活用すべきである。津波で住めなくなる家屋が「津波災害特別警戒区域（オレンジゾーン）」から少なくなるだけで、犠牲者・被災者が減るだけでなく、津波廃棄物の量は減るし、復興が早くなる。究極の防災は、甚大な被害を受ける場所に住まないことである。

また、土壤汚染地を土で早期被覆するため、津波避難場所の造成と被覆土の仮置き場として「いのち山」を造成することが考えられる。農地なら盛土の上部に耕作放棄地の耕作土を使うことも考えられる。高台の公園に集会所などを設置して、普段から使用していると平時から避難訓練ができ、平時に利用しない津波避難タワーと違って、フリーフェーズの防災活動になる。なお、新たに土地を造成する時には、きちんと地質調査を行い、安全性だけでなく、環境と景観にも配慮したデザインをめざしたい。

6 国土学の視点から日本の再建に貢献する

日本学術会議土木工学・建築学委員会国土と環境分科会（2019）は、「持続可能な国土をめざす知の基盤形成—「国土学」の体系と戦略的实践—」において、地球規模で社会と自然環境が急速に変容する中、持続可能な国づくりには自然共生・資源循環・低炭素に加えて巨大災害に対する社会のレジリエンシーが不可欠であるとして、以下の提言を発表している²⁵⁾。

(1) 国づくりに向けた学術の新機軸：

「国土学」の提唱

レジリエントで持続可能な国づくりを進めるためには、国際的枠組みにおいて日本の自然・風土を的確に捉え、太平洋・日本海側の二軸と自然共生型流域圏から形成される国土ネットワークを築く知の体系「国土学」を創設し、国づくりを支える人材を育成しなければならない。文部科学省は国土学の実質化を図るとともに科学分野の一つとして国土学を社会に定着させるべきである。国土学によって、地域の情報が学界・技術界に閉じることなく公開・活用されれば国民の防災・環境リテラシーは向上し、産官民一体の国づくりが実現する。

(2) 国づくりを支える人材の育成

次代の国づくりの担い手は国民、技術者・専門家、および兩者をつなぐ地域プロフェッショナルである。現行の教育・科学技術行政システムの下では、技術者の成長段階に応じた継続的・連続的な専門家育成が困難な状況にあり、技術者の教育と人材育成に関わる法体系・行政システムを大幅に改変する必要がある。自然共生型流域圏の拠点

形成は産官組織と地域に精通する国民との三者協働によってはじめて達成され、産官民の同期を担う地域プロフェッショナルの育成は急務である。文部科学省は地域に根ざした国土学の実践を目指して地方中核都市に立地する大学の地域連携機能を強化し、技術者や地域プロフェッショナルの育成と国民の理解力向上を図る教育プログラムを開発すべきである。

(3) 知の基盤形成と運営方策

財源・人材・研究フィールドなどの学術資源を確保するとともに斬新な方策による教育研究機関の経営により国土学を早期に成立させなければならない。減災管理や持続可能社会を達成するためには科学と政策の連携による災害管理の適正化が何よりも不可欠であり、国土学の基盤形成につながる科学・技術政策が展開されるように、文部科学省は国づくりのための学術運営戦略を抜本的に再編しなければならない。国土学理をフィールドへ展開し国土の持続可能性を高めるためには、国土学の実践に関わる省庁等の連携が実現するような行政ガバナンスの整備が急がれる。(太字は筆者が追加)

残念ながら、日本の国土を対象として仕事をしてきた地質技術者は、この提言のメンバーに入っていない。しかしながら、地質技術者はレジリエントで持続可能な国づくりを進めるため、国民、技術者・専門家、および両者をつなぐ**地域プロフェッショナル**として、次代の国づくりの重要な担い手であることは間違いない。

また、想定外を少なくするには、過去の災害履歴だけでなく、時間軸を長くとり、地形・地質から得られる低頻度の破局的巨大災害の知見が必要である。このような知見を国土学に反映させるのは、地質技術者の役割ではないだろうか。国土学には、地質技術者の参画が不可欠と思われる。

7 防災まち歩きとジオツーリズムの人材育成

日本の最大危機の一つは人口減少である⁴⁾。東京一極集中が、地方の人口減少を加速させ、日本の人口減少の元凶となるだけでなく、日本の災害リスクを世界一に高めている。地方の人口が減り続けるのは、高校卒業後の進学就職先を大都市、特に東京圏に求めるためである。このような地方の高校生に、防災教育として地域の災害リスクだけ

を熱心に教えるとどうなるであろうか。おそらく、地域を離れて都会にあこがれる子供たちを増やすだけである。命を守るだけの防災教育は、局所最適で、地域は衰退させる。従って、防災教育は、地域の魅力を体験する教育とセットにしなければ逆効果になる。

NHK プラタモリは、タモリさんが、「地元の人も知らないその土地ならではの魅力」をブラブラ歩いて解き明かす人気番組である。筆者は、#59「さぬきうどん」、#60「こんぴらさん」、#198「高松」と#199「小豆島」で案内人として出演する機会をいただいた。その時得た番組制作のノウハウを活用し、防災と観光を一体化したまち歩き「ブラハセ」を開発し、香川大学創造工学部防災・危機管理コースの学生に伝授してきた。

ブラハセは、地域の弱点だけを取り上げるのではなく、その土地の名産と名所が災害の跡地を逆手に取っていることで、シビックプライドの醸成を狙っている。そのお題は以下のとおりである。

- ①小豆島はなぜオリーブの島になったのか？
- ②高松市鬼無はなぜ世界一の盆栽のまちになったのか？
- ③高松城下はなぜ災害に強いのか？
- ④丸亀城下はなぜ災害に強いのか？

暮らしている土地の成り立ちに関する無知が被災を大きくする。そして、土地の成り立ちに関する無知は、大地に関する無関心に起因する。従って、大地の成り立ちに関する関心を高め、土地の成り立ちに関する無知へ減らすアウトリーチが必要である。そのためには、単なる地学教育や防災教育ではなく、プラタモリ流の防災と観光を融合したジオツーリズムが必要ではないだろうか。

また、ジオパークは、大地の成り立ちから地域の強みと弱みを知り、災害列島日本で暮らすための究極の防災教育のフィールドである²⁶⁾。しかも、ジオツーリズムを通じて持続可能な地域社会の発展を目指す地域である。大地の成り立ちへの関心を防災・減災文化にまで高めて、災害列島で子孫が暮らし続けられるようにしたいものである。

8 おわりに

技術者や技能者が高い技術で社会貢献し、生計を立てるためには、高い技術力が必要である。日本は、技術立国と標榜しながら、国の高等教育にかける予算はOECD加盟国で最低である。しかも、大学では狭い領域の専門教育が主体である。

私は、30歳代から40歳代にかけて経営指導の神

様と呼ばれた船井幸雄先生の著書だけでなく身近に接する機会をいただいて、多くを学ばせていただいた。例えば、戦前の旧制高校で哲学や美学等のリベラルアーツを身に着けた世代が経営の第一線から退き、戦後教育を受けた世代が経営者になってから日本は没落した。これは、正しい経営には、正しい歴史観、社会観、自然観、宇宙観が必要だからだという。また、経営に必要なスキルには、テクニカル・スキル、ヒューマン・スキルとコンセプショナル・スキルであるが、最も重要なのはコンセプショナル・スキルである。就職活動では、テクニカル・スキルよりコミュニケーション等の、ヒューマン・スキルが重要視されるが、経営者には未来のビジョンを描いて、具現化するコンセプショナル・スキルが何よりも必要だという。

これからの日本を背負う地質技術者には、テクニカル・スキルとヒューマン・スキルに加えてコンセプショナル・スキルを磨いて欲しいと切望する。一度壊滅的な状況になった日本をどのように再設計したらいいのか、今から勉強して、大きな絵を描き、それに向けて各方面の力を結集していく。そうすれば冬の時代の後に春が来るであろう。

(参考文献)

- 1) 全国地質調査業連合会：全地連の歩み, https://www.zenchiren.or.jp/jgca/jgca1_3.html
- 2) 内閣府：平成 30 年版防災白書
http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/pdf/H30_fuzokusiryu1.pdf
- 3) 藤井聡(2011):日本復活5カ年計画 列島強靱化論, 文春新書.
- 4) 河合雅司 (2017): 未来の年表 人口減少日本でこれから起きること, 講談社現代新書.
- 5) 厚生労働省：人口動態統計速報 (令和 4 年 12 月分), <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/s2022/12.html>
- 6) 地震調査研究推進本部 (2023): 長期評価による地震発生確率値の更新について
https://www.jishin.go.jp/evaluation/long_term_evaluation/chousa_23jan_kakuritsu_index/
- 7) 大石久和 (2021): 「国土学」が解き明かす日本の再興, 海竜社, 2021.
- 8) 内閣府：災害対策基本法, <https://www.bousai.go.jp/taisaku/kihonhou/index.html>
- 9) 第 3 回国連防災世界会議：仙台防災枠組 2015-2030 (骨子)
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000071588.pdf>
- 10) 国土交通省：災害復旧申請の手引き
<https://www.mlit.go.jp/river/bousai/hukkyu/shinsei/1.html>
- 11) 内閣官房：国土強靱化,
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/index.html
- 12) 尾池和夫 (2015): 2038 年南海トラフの巨大地震, マニュアルハウス.

- 13) 内閣府 (2012): 南海トラフ巨大地震の被害想定について (第一次報告)
https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/20120829_higai.pdf
- 14) 内田太郎・片岡正次郎・岩男忠明・松尾修・寺田秀樹・中野泰雄・杉浦信男・小山内信智 (2004): 地震による斜危険度評価手法に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, No. 204
- 15) 千木良雅弘 (2006): 地すべり・崩壊の発生場所予測—地質と地形からみた技術の現状と今後の展開—, 土木学会論文集 C, 62 巻 4 号 p. 722-735.
- 16) 野々村敦子・長谷川修一・佐々木良 (2011): 南海地震を想定した深層崩壊危険箇所抽出方法の開発, 土木学会四国支部平成 23 年自然災害フォーラム論文集, 43-50.
- 17) Atsuko Nonomura, Shuichi Hasegawa (2017): Susceptibility of slopes to earthquake-induced landslides: a new index derived from helicopter-borne electromagnetic resistivity and digital elevation data sets, 14, 2155-2163, Landslides.
- 18) 木下篤彦・柴田俊・山越隆雄・中谷洋明・河戸克志・金山健太郎・奥村稔・城森明・城森敦善・藤原康正・中野英樹 (2021): 2011 年台風 12 号により深層崩壊が発生した熊野地区でのドローン空中電磁探査による深層崩壊メカニズムの解明, 2021 年度砂防学会研究発表会概要集, 127-128.
<https://www.jsece.or.jp/event/conf/abstract/2021/pdf/64.pdf>
- 19) 国土地理院：干渉 SAR ってなに?
https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/sar_mechanism.html
- 20) 国土地理院：無人航空機 (UAV) を用いた公共測量～ UAV 写真測量～
<https://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/>
- 21) ナオミ・クライン (2011): ショック・ドクトリン (上) (下) 惨事便乗型資本主義の正体を暴く, 岩波書店.
- 22) 産業総合研究所地質調査総合センター：伊勢湾周辺地域の地球化学図
<https://gbank.gsj.jp/geochemmap/chubu/chiho/gazou/nagoya/nagoya-Hg.jpg>
- 23) 環境省・(公財) 日本環境協会 (2022): 土壤汚染対策法のしくみ
<https://www.env.go.jp/content/900541290.pdf>
- 24) 国土交通省水管理・国土保全局海岸室：津波防災地域づくりに関する法律の概要, https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/dai01kai/dai01kai_siryu3.pdf
- 25) 日本学術会議土木工学・建築学委員会国土と環境分科会 (2019): 持続可能な国土をめざす知の基盤形成—「国土学」の体系と戦略的实践—
https://www.jstage.jst.go.jp/article/tits/23/9/23_9_78/_pdf/-char/ja
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t250-7.pdf>
- 26) 長谷川修一 (2020): 日本応用地質学会におけるアウトリーチの現状と課題, 応用地質, 61 (3), 92-97.

人新世と地質リスク - 総合知による土地利用に向けて -

さ さ き やすひと
佐々木 靖人*

Key Word

人新世, 地球温暖化, 地質リスク, 地質・地盤リスク, 土地のリスク,
地下資源, 土地利用, 自然改変, 地形改変, 土木, 不確実性,
地質環境, 自然環境, 応用地生態学, ジオダイバーシティ

1 人新世×地質リスク

完新世に続く地質時代として、「人新世（じんしんせい：Anthropocene）」が提案されている。人類が地球環境に与える影響の大きさや急激な環境変化が新たな地質時代の始まりにも相当する、との主張である。その影響の代表例は地球温暖化であり（図-1）¹⁾、それが顕在化してきた第二次大戦以降付近を人新世の始まりとする案が有力な案の一つである。堆積物にプラスチックなどの人工物が混在することで地層認定する案もあるらしい。

本稿はお題として、「地質リスクと地質調査業の役割」をいただいているが、現代の地質リスクには「人新世的」側面が色濃くあると筆者は感じる。地球温暖化も、極論すれば核戦争も、地下資源の利用による広義の地質リスクだ。人骨が人新世の終焉を示す示準化石の一つになるのは宿命だが、人新世になった途端に人類が絶滅することのないように努力するのも地質技術者の責務だろう。

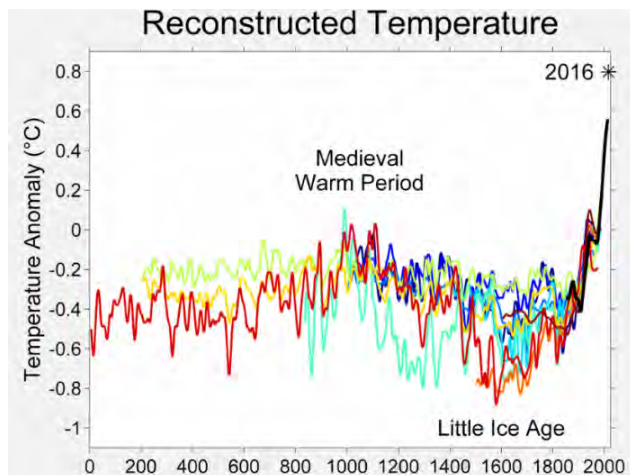


図-1 各種情報から整理された地球の平均気温の変化（ウィキペディアより）¹⁾

そこで本稿の前半（2,3章）では、全地連60周年記念号として大風呂敷を広げて「人新世的地質リスク」を俯瞰する。そして4章では土木における地質・地盤リスクの状況について述べ、5章ではこれらの課題の解決のために欲しい地質技術を筆者の個人的視点で列挙する。最後に、未来に向けた地質技術者、地質調査業、全地連の役割にも触れたい。

2 代償あるいは自己矛盾としての地質リスク 2.1 人間の二つの行為

人新世は、人間が一方向的に地球環境に影響を及ぼすだけでなく、「人間と地球環境が相互に強く影響を及ぼしはじめた時代」と捉える必要がある。我々は技術者として、この相互影響のメカニズムを明らかにした上で未来を予測し、現実を「ありたい未来」に向けて軌道修正する責務がある。

さて、人間が地球環境に影響を及ぼした原因となる代表的な行為としては次の2つがある。

- ① 地下資源の大量利用（化石エネルギー等）
- ② 土地利用 / 自然改変（地形改変等）

これらは正に地質に手を加える行為である。それは豊かで快適な生活のために必要な行為であったし、今もそうである。しかしその代償として、一部の人を貧しさや不快に追いやり、そして人類の持続可能性の危機をも生じるという自己矛盾に陥っている。その悪影響の一つに地質リスクもある。

2.2 地下資源の大量利用による地質リスク

地下資源の大量利用による人間への影響としては、まず当然ながら地下資源の枯渇リスクがある。

*前国立研究開発法人土木研究所 理事 兼 iMaRRC センター長

また地球温暖化による海面上昇と異常降雨による水害等の災害リスク、特に地質リスクとしては土砂災害等の激甚化・頻発化リスクがある。さらに重金属や放射能等による土壌や地下水の汚染リスクとそれに続く疾病・生命リスクがある。なお、これは地下資源利用だけでなく土地利用／自然改変によっても起こる（土木工事の掘削ズリによる汚染等）。これらの解決には地質技術者が不可欠であるが、筆者の専門外のため詳細は省略する。

2.3 土地利用／自然改変による地質リスク

土地利用／自然改変は、1つの行為を人間側と自然側のそれぞれの視点で見た用語である。これによるリスクは土木分野での地質リスクや地質調査業界の活動にも関連が深く、本論の主題となるものであるため、以下で詳しく述べる。

(1) 地形改変の有無による分類

土地利用／自然改変は、地形改変を伴うものと伴わないものがある。なお、トンネル工事や地下空間工事などは必ずしも大きな地形改変を生じないがいわば「地下地形の創出」であるため、本論では広義の地形改変に含める。

1) 地形改変を伴わない自然改変

地形改変を伴わない自然改変は人間の住居の整備や農作物の栽培等において太古の昔から行われている。例えば弥生時代の登呂遺跡では、7万平米の水田が整備されていたという。地形改変を伴わなくとも土壌環境や陸水環境等の改変は地学的改変の一つであり、日本のトキの例などのように、生物の絶滅の危機となる場合がある。地形改変を伴わない自然改変は日本では国立公園などの貴重な自然地域以外のほとんどに及び、たとえば手つかずの原生林は国土のわずか4%以下だという。

2) 地形改変を伴う自然改変

地形改変を伴う自然改変は、土木技術が発達し大規模な改変が行われるようになったことで環境への影響も大きくなった。都市部のほか、郊外でもダムや河川堤防、道路や鉄道等に伴う地形改変が多く行われており、これには地質技術者も深く関与している。

地形改変は、「地質改変」と「地形／地質プロセスの阻害／変更」を伴う。たとえば熱海の盛土の土石流災害は、脆弱な人工地盤の造成（＝地質改変）により、谷地形による雨水や地下水の正常な排水（＝地形／地質プロセス）を阻害したため発生して

いる。地形改変する際には、悪影響を最小限に抑え／良い影響を創出するため、地形の理解、地質・地盤の理解、地形／地質プロセスの理解が不可欠であり、そこに地質技術者のニーズもある。

(2) 土地利用／自然改変による影響

1) 地形・地質環境悪化リスク

土地利用／自然改変による影響としては、生物の絶滅や多様な生態系の減少が代表的であるが、地質リスクとしては生態系を育む多様な地形地質環境（ジオダイバーシティ）の減少、湧水や地下水の枯渇、地下水汚染や土壌汚染、景観の悪化といった地形・地質環境悪化リスクがある。

ジオダイバーシティとは非生物多様性のことで、バイオダイバーシティ（生物多様性）に対比される概念である。近年はユネスコが8月6日を「国際ジオダイバーシティの日」と定めてHP等でジオダイバーシティとSDGsの関連性を解説するなど広がりを見せている（図-2）²⁾。やや古い論文だが国内でも「地球環境」Vol.10, No.2（2005）においてジオダイバーシティの特集を行っている。手前味噌だが筆者らの論文もある。

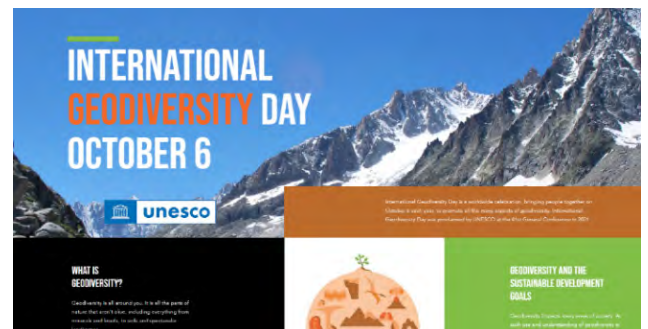


図-2 ユネスコのジオダイバーシティのHP²⁾

地形・地質環境悪化リスクは、生物環境への悪影響または人間環境への悪影響につながるが、両者は別々のものではなく、水など、生物に必須な環境を阻害すれば共通の課題となる。なお、地形や地質と生態系の関係性に関する研究は景観生態学や地生態学として発展している。海外ではドイツの地理学者 Carl Troll が1939年に提唱、弟子の Leser 等により発展し（図-3）³⁾、国内では小泉武栄等をはじめ地理学等の分野で進められてきた（図-4）⁴⁾。筆者らは地質分野も関与して土木における景観や環境の保全を総合科学的に実施すべきと思い、門外漢ながら応用地生態学を提唱し（図-5）⁵⁾ 共同研究で現状を整理した⁶⁾。しかし国立公園や自然再生推進法の適用地などを除けば、本家の地生態学さえも土木に受け入れられていない。グリー

イノベーションがお題目に終わらぬよう、本業界でも真剣な取り組みを期待したい。

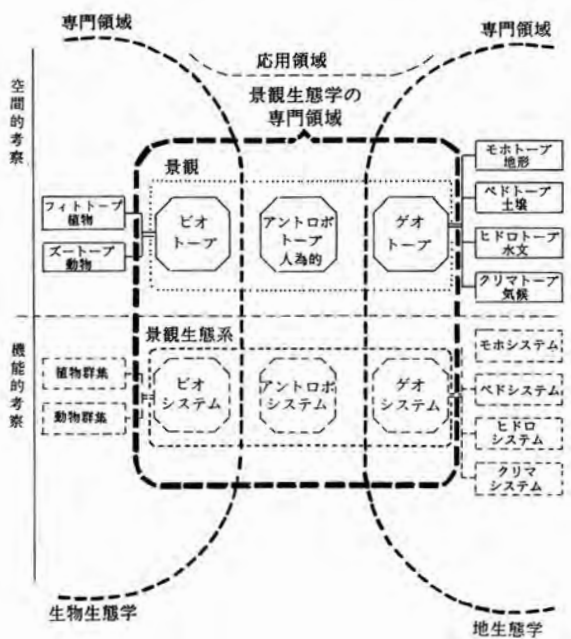


図-3 LESERによる地生態学、景観生態学、生物生態学の研究領域³⁾

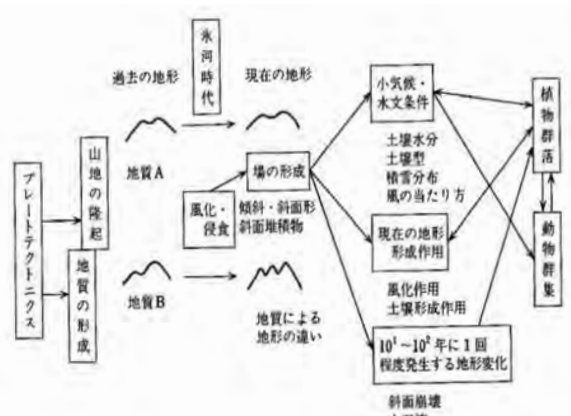


図-4 地質と生態系の関係⁴⁾

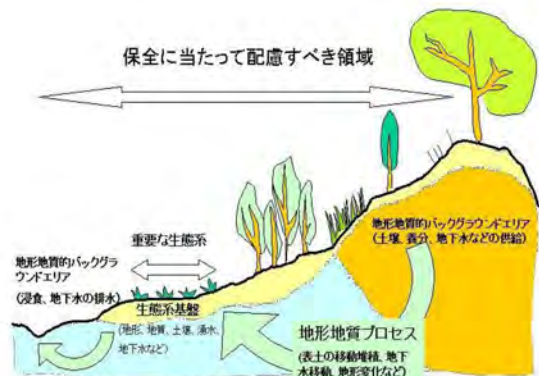


図-5 応用地生態学的な環境保全の考え方^{5,6)}

2) 地形改変による地盤不安定化リスク

博多駅前の陥没事故(写真-1)⁷⁾や熱海の盛土の土石流災害のような土木行為に関連する様々な地質関連事故や災害は、地形改変に起因して地盤が不安定化したものである。そこで、これらを総称して地形改変による地盤不安定化リスクとする。多くの土木地質的リスクはここに含まれる。

なお、高度成長期には人口増加の中での急激な大規模開発による事故・災害が多かったが、現代は新規の地形改変だけでなく、当時建設された施設を含む古い地形改変地が劣化し「負の遺産化」する事故・災害に留意が必要である。経験技術者の減少がそれに拍車をかけている。

ところで「地形改変によるリスクは局所的であり地球温暖化のように影響は大きくないのでは」、という意見もあるかもしれない。しかし地形改変に関連する災害は、熱海の土石流災害や2022年の山形県鶴岡市の土砂災害のように、一見自然災害と思われる災害に紛れてかなりの割合を占めている。筆者が平成22年の奄美大島豪雨災害の際に調査した際にも、大規模な土砂災害の多くは、古い切土斜面等で発生していた印象がある。

誤解を恐れずに言えば、よく管理されていない地形改変地は自然地盤よりも地質リスクが総じて高い可能性がある。それは地形改変という行為の地質リスクでもある。そうならないようにするのが我々の使命である。筆者も関わって作成した国土交通省と土木研究所の「土木事業における地質・地盤リスクマネジメントに関するガイドライン」⁸⁾も、土木事業に特化してはいるものの、広義には、地形改変や土地利用の進め方に関するガイドラインの一つとみることができる。本業界も「土地利用マネジメント」に力点を置く必要がある。



写真-1 福岡駅前のトンネル工事に伴う道路陥没(福岡市HPより)⁷⁾

さて「地形改変によるリスクは局所的であり地球温暖化のように影響は大きくないのでは」という問いに戻ろう。令和2年9月に国土交通省から公表された大規模盛土造成地調査（改変面積3000m²以上、または盛土をする前の地盤面の水平面に対する角度が20度以上でかつ盛土の高さが5m以上等が対象）によると、全国で約5万箇所、合計約10万haの大規模盛土造成地があるという。これは国土の0.0026%に過ぎない。しかし小規模な切盛土等も含めれば、その面積率は1～2桁上がることは確実である。災害もそのような小規模な地形改変地で多く発生している。IPCCによると最近100年間で20cmの海面上昇が起こっていると推定しており、一方日本の国土のうち標高1m未満の面積は0.6%だということから、20cmなら海水準上昇の影響面積は約0.12%/100年である（防潮堤等を考えず算出。実際はそこまで減少していない）。この値も大きいですが、日本のこの100年の地形改変面積とどちらが大きいであろうか。地形改変が地球環境に及ぼす影響は決して小さくはない。

地形改変箇所をマッピングしその状況を安全面等の視点で診断、データ化すれば、ハザードマップや国土・インフラ管理システムの基礎データとして活用できる。熱海の災害以降、LIDARデータによる盛土箇所の全国調査が開始されており、この結果も待ちたいが、できれば切土も含めた地形改変箇所のマップが欲しいところである。

3) 危険地利用リスク

地形改変をせずとも、適切な土地利用をしないと地質リスクが高まる。たとえば崖の直下や沖積錐上、軟弱地盤上などでの土地利用により、豪雨時や地震時に地盤被害を受ける場合がある。これを危険地利用リスクと呼び、地形改変による地盤不安定化リスクとは区別してみよう。

このリスクは人新世とは直接は関係しないものの、縄文時代には比較的安定な段丘等の丘陵地上で暮らしていたのに比べ、人口爆発という人新世的な現象によって、あるいは利便性を重視し、危険な地質地域でも暮らさざるを得なくなったという点で人新世的である。このリスクは、地球温暖化による豪雨だけでなく、東日本大震災以降増加している地震（震災前11年間とその後11年間では震度5強以上の地震は1.4倍に増加）を誘因としても発現することにも留意すべきである。

(3) 土地利用リスク対策とEBPM,RIDMの重要性 土地利用/自然改変リスクへの当面の策として

避難や補強といったソフト・ハード対策が行われているが容易ではない。そしてこれを根本的に解消するには為政者、事業者、住民等の理解による土地利用の変革しかないが、これも容易ではない。当面の策、根本策とも、「土地のリスク」に対する関係者の理解が前提となる。最近、EBPM(Evidence Based Policy Making) という用語がよく用いられるようになってきているが、関係者の合意形成のためにはこのような政策が必要となる。類似の用語でRIDM(Risk-Informed Decision Making) という用語も原子力や米国のダム等で実践されるようになってきている。地質情報を含む土地のリスクデータが国土の利用や管理において重要となるのは間違いないし、地質技術者が活躍しなければならない。

「地形改変箇所」や「危険地」を安全面等の視点で、インフラ等の施設・構造物とセットで個別に点検・診断してデータ化し、箇所毎に、またネットワークとしてリスク管理することは、国の、そして地質技術の主要課題の一つである。ボーリングデータの収集や活用も、インフラ/国土/土地利用管理のスキームの中で位置づける必要がある。

3 地質リスクと Well-being 社会

土木学会は2022年6月に会長特別委員会（谷口会長）による提言「Beyond コロナの日本創生と土木のビッグピクチャー ～人々の Well-being と持続可能な社会に向けて～」⁹⁾ を公表した。この中で「ありたい未来」を象徴する言葉として「Well-being 社会」が用いられている。

図-6はその実現のための政策の図を一部引用し、地質との関連性を追記したものである¹⁰⁾。Well-being 社会の実現における地質の重要性、また、2章に述べた視点の多くが盛り込まれていることがおわかりいただけると思う。土木学会はこのほか、2022年9月に「地盤の課題と可能性に関する声明」も公表しており、地盤を「土木工学のハブ」と表現している。筆者も2022年10月の土木研究所100周年記念講演会の中で、「地質・地盤は文明のインフラ」とまとめた。地質・地盤は将来の Well-being や持続可能な社会の実現に向けて基礎となる不可欠な視点のはずであり、地質の重要性のさらなるアウトリーチが必要である。

4 地質の不確実性と地質・地盤リスク

4.1 不確実性と想定外の壁

ここから中盤は、土木分野のいわゆる「地質・

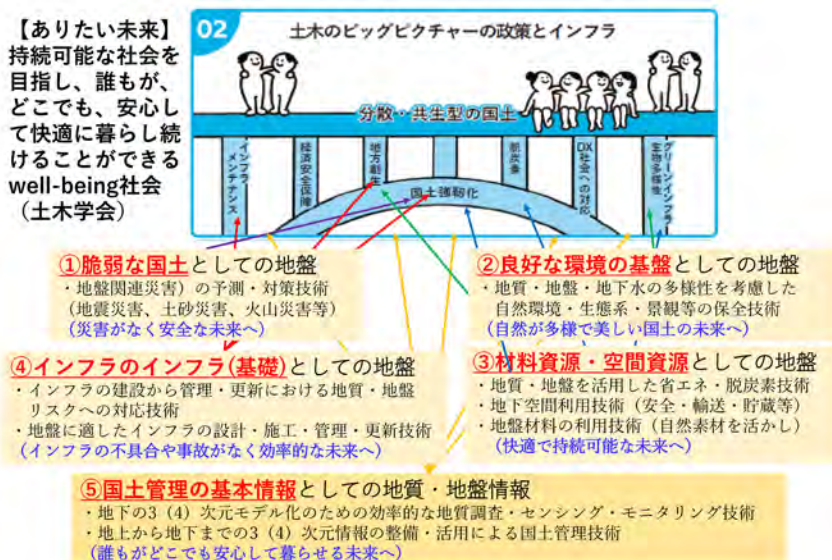


図-6 Well-being 社会に向けた地質・地盤の重要性¹⁰⁾
(土木学会提言⁹⁾に追記。土研 100 周年記念講演会座談会 ppt より)

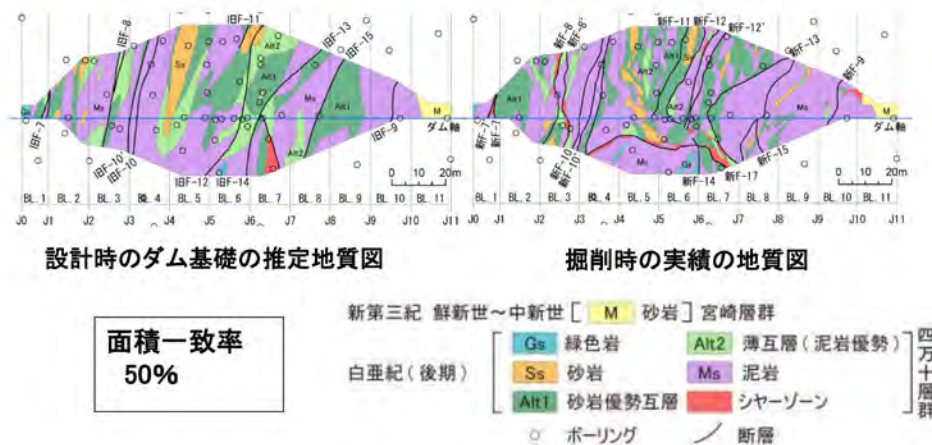


図-7 あるダム調査時の推定(左)と実際の掘削時(右)のダム掘削地質図の違い(地質の面積一致率は50%。綿谷,2015¹¹⁾を加工)

地盤リスク」⁸⁾に特化して話を進めたい。

我々は地質・地盤あるいは地球システム、またこれと人間活動等の関係をほとんど知らないままに生活しており、また、知ることにも技術的な限界(不確実性の壁)がある。ときにこれが、想定外の壁に変貌し現れる。

インフラを設計・建設する際に必ず作成される「土木地質図」は、たとえ10m間隔で1本のボーリング調査を行ったとしてもそのほとんど(99.9%)が「推定」であることは幾何学的にも自明である。また推定精度も十分でない。綿密な地質調査を行うダム事業でさえ複雑な地質では50～60%程度に過ぎない(図-7)¹¹⁾。

すなわち、地質調査によって得られた地質図はフィジカル(物理的)な空間情報ではなく、サイバー(仮想)空間情報であり、しかもその情報は大きな

不確実性を含むものであることを自覚しておく必要がある。近年、デジタルツインの構築とBIM/CIMの活用が叫ばれているが、実際の地下空間と地質図が表現する地下空間は、決して「デジタルツイン」ではないのである。

以上のように、地質・地盤の分布や性状を知る地質調査技術だけでも我々はきわめて「発展途上」にある。まして「地質・地盤と我々の関係を理解する技術」、たとえば災害予測技術などは、このような不確実な情報をもとに実施しているため、その精度は推して知るべしである。このような不確実性/想定外の壁を超えることが重要である。

4.2 不確実性の影響

不確実性の影響は非常に大きい。国土交通省の事業再評価によると、事業費の増加原因の4割は地

表-1 国土交通省の事業再評価における事業費増加の要因とその金額¹²⁾ (平成26年から令和元年分)

H26 ~R1 事業種別	事業費増額		地質・地盤に関する要因の増額(億円)											地質・地盤 に起因する 増額率(%)	
			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 硬い地質	地下水	玉石等 の出現	その他	合計		
	億円	割合(%)											億円		割合(%)
道路	35028.6	69.9	4379.5	3053	2648.2	2122.6	1720.5	1600.7	636.1	662	411.8	612	17846.4	90.3	50.9
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	9803.5	19.6	2	4	155.8	22.6	215	103.6	54	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	260.5	0.5	0	0	8.2	0	0	0	0	0	0	0	8.2	0.04	3.1
営繕	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	19765.0	100.0	39.5

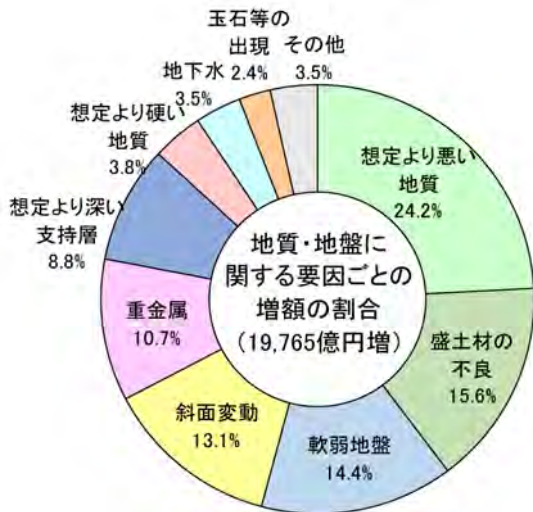


図-8 増額の地質的要因の内訳¹³⁾
(元データは表-1と同じ)

質・地盤に関連し、その額は国土交通省の一般会計支出の5%にも及ぶという(表-1, 図-8)^{12, 13)}。土木事業においてはこれが「地質・地盤リスク」という形で影響する。ただしこれは地質の不確実性と人為的な不確実性の両面が関与していることに留意する必要がある。

4.3 人為的要因の影響

地質・地盤リスクの多くは、地質の不均質性や複雑性による不確実性という自然的要因と、事業において地質情報が事業者や他の技術者に伝達され活用されていく過程等で生じる見逃しなどの人為的要因と相まって発現している。そして、人為的要因の方が主要因である事例が8割を占めるといふ分析結果もある(図-9)⁹⁾。リスクマネジメントで防げるのは主にこの8割の方で、2割の方は地

質技術の進歩に負っている。

土木研究所の西川前理事長は国総研所長時代の東日本大震災社会資本再生・復興シンポジウム(2012)において、「想定外」を、①想像できなかった「想定外」、②考慮しなかった「想定外」、③あきらめの「想定外」、④見過ごしの「想定外」、に分類したというが、その多くが人為的なものであることから、「想定外」に及ぼす人為的要素の重要性がわかる。

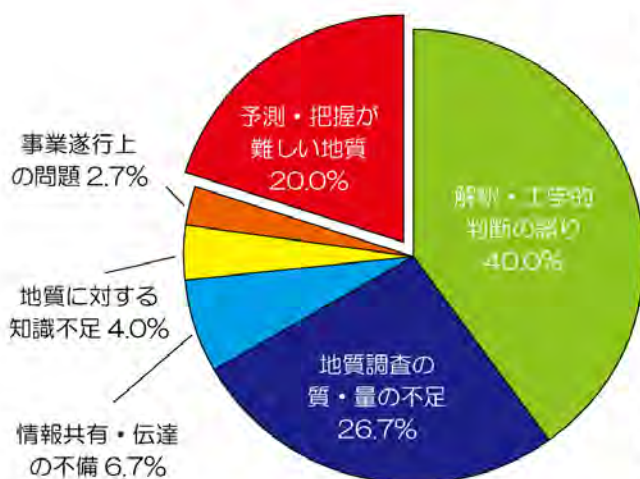
5 開発して欲しい技術

5.1 方向性

我々は、不確実性や想定外によるリスクを減らし、また国土を総合科学的に適切に管理するという目的を持って技術を開発する必要がある。

そこで後半では、筆者が個人的に重要だと思う技術、開発して欲しい技術を列挙する。まず、4章の土木的な地質・地盤リスクに限らず、2~3章の主旨も含め、将来、広く必要と思うものをその目的により分類すると下記の通りである。

- ①地質・地盤を正確に調査し3(4)次元モデル化・活用する技術
(地質調査, 物理探査, リモセン, センサー・モニタリング計測等の技術)
- ②地質・地盤と自然環境や人間活動等との相互関係を理解する技術
(数値シミュレーションや再現実験, 災害予測や環境予測, 耐震性能評価等の技術)
- ③地質・地盤と自然環境や人間活動等との相互関係を改善する技術
(斜面对策, 耐震対策, 環境保全や脱炭素対策,



原因となった要素	要素の細区分	件数
予測・把握が難しい地質 20.0%	発生場の予測が困難な要因	2
	発生時期の予測が困難な要因	10
	不均質性・不規則性が甚しい地質	3
解釈・工学的判断の誤り 40.0%	地形に関するリスクの見逃し	11
	地質構造・地質特性に関するリスクの見逃し	10
	地盤物性の調査不足や評価不足	1
	地形に関するリスクの見逃し	3
	地質構造に関するリスクの見逃し	3
地盤に対する知識不足 4.0%	リスクの兆候(事象)の見逃し	2
	地盤条件に不適な設計	1
	不適切な施工の実施	2
地質調査の質・量の不足 26.7%	地質調査未実施	7
	調査計画の不適合	10
	地形図の精度不足	3
情報共有・伝達の不備 6.7%	リスクに関する情報共有・伝達の不備	5
事業遂行上の問題 2.7%	コスト・スケジュールを優先	2

図-9 地質・地盤リスクの主な要因 (地質リスク学会の75事例の分析による。国土交通省・土木研究所・土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会資料⁸⁾を加工)

地下資源・空間利用等の技術)

- ④上記技術の不確実性に対応する技術
(信頼性設計, 観測施工, 点検/監視/警報システム, リスクマネジメント等の技術)

5.2 欲しい具体技術

以下は、「できればいいな」と思う地質関連技術をより具体的に思いつくまま羅列する。なお、以下の2つのタイプに分類した。

タイプA: 調査試験の高精度化・迅速化・自動化技術 (地下の情報を「できるだけデジタルツイン」に近くする技術)

タイプB: 上記情報をふまえた技術的評価, 設計・施工, 事業等の支援・自動化技術 (RPA: 定型業務の自動化, EPA: 非定型業務の自動化, CA: 意思決定の自動化)

①地形・地表面の調査技術 (タイプA)

- ✓ 樹木下自動 UAV 空撮技術
(自動に樹木を避けて撮影し地表踏査の補助・効率化・一部省略へ)
- ✓ 高精度地形データの安価な取得
(0.1mm オーダー。どこでも地表変位の面的モニタリングが可能に。LiDAR・RADAR・InSAR 等の発展)

②地形・地表面の評価技術 (タイプB)

- ✓ 地形自動判読技術
(地すべり・崩壊・土石流等の危険箇所や影響範囲, 安全な箇所等を評価・抽出等)
- ✓ 地形・地表面の変化の検知・診断技術
(複数時期のデータから異常部やその進行性等

を抽出・診断)

③地質調査技術 (タイプA)

- ✓ UAV による地質調査技術
(人工衛星はやぶさの UAV 版? マルチスペクトル画像による地質露頭の判定自動化, プローブによる浅層地盤強度試験等の物性試験や土質・化学組成等分析技術等。)
- ✓ 多情報取得型サウンディングとその自動化
(今も一部あり。標準貫入試験等の旧手法に替わるもの)
- ✓ コアボーリングの自動化
(コア採取の自動化。既に掘削時計測しながらのボーリングはある)
- ✓ コア観察・分析・柱状図作成の自動化
(コア箱毎スキャンニング, 自動簡易堅さ測定等により, 地質, 亀裂状況, 堅さなど基本的な記載を自動記載)
- ✓ 物理探査の迅速化・高精度化・自動化
(高速移動しながらの探査・即時解析など)
- ✓ 土質試験や岩石試験等の分析の自動化
(工場のオートメーションのように, コア箱を持ち込むと自動で実施)

④地質評価技術 (タイプB)

- ✓ 物理探査の解釈の高精度化・迅速化・自動化
(既に AI による地下レーダーの画像解釈などあり。)
- ✓ 地質図の作成の支援・自動化
(「空間補間技術」に地質学的知見や地質技術者のノウハウ等を統合し, その確実性も含めて判断・表示。土質地盤では進行中。最終的には地質技術者がチェックか。)

✓ 地質図から地盤物性図・地盤評価図等への変換の支援・自動化技術
(地質図と物性試験データ等をもとに AI 等でその確実性も含めて判断・表示。最終的には地質技術者がチェックか。)

✓ 不確実性の表現・表示・活用技術
(地下の諸情報とセットで活用する)

⑤設計支援技術 (タイプ B)

✓ 建造物の自動最適設計技術
(地盤物性図と確実性データをもとに可能性のある様々な地盤モデルと複数の設計案からシミュレーション等を通じて最適な(信頼性が高く、また、可能性の低い事象に対する設計の強靱性もある)設計を選択。最終的に設計技術者がチェックか。)

⑥施工支援技術 (タイプ B)

✓ 建造物の最適施工提案技術
(地盤物性図と確実性データをもとに可能性のある様々な地盤モデルに対して最適な施工方案、また施工時の留意点を診断・支援。最終的には施工技術者がチェックか。)

⑦事業支援技術 (タイプ B)

✓ 事業におけるリスク対応支援の自動化
(「事業支援エキスパートシステム」に、災害や事故からの教訓 DB、リスク対処法 DB 等を統合し、事業の進捗段階に応じて AI が支援を行う)

✓ 事業マネジメントのための地質情報の充実
(3D 道路地質図, 3D 河川・流域地質図等の地質・地盤データセットの構築とこれを活用した国土管理・事業管理技術)

⑧そのほかの地質・地盤関連の新産業・新技術

例) 脱炭素関連技術

✓ 地中熱×インフラ (杭基礎やダム施設の活用)

✓ 砂電池×インフラ (地質材料の活用等)

✓ 太陽光発電×インフラ (道路法面等の活用等)

✓ CO₂ 地下貯留を国事業で (ガソリン排出分等)

例) 多自然関連技術

✓ 環境 / 景観を考慮した地域地質材料の多面的活用技術 等

6 総合知の一翼を担い「土地のリスク」に挑め

地質技術者、地質業界は地質リスク / 土地のリスクに関して以下の点にアタックする必要がある。

①地質調査業務の精緻化・効率化

②地質関連技術の進歩への貢献

③ (自助支援) 市民、行政等へのアウトリーチ

④ (公助支援) 法律等の社会制度づくりへ参画

⑤ (共助支援) 「総合知」の一員としての貢献
上記のうち、⑤について補足する。

自助にも公助にも限界がある中で、共助の仕組みが重要となる。予算や人材の少ない自治体、自治会、学校・病院・福祉施設、中小企業や個人までを対象とした、「誰ひとり取り残さない」仕組みである。NHK 番組によるとガンに関するネット情報の 9 割は誤りや疑うべき情報だという。市民が雑多な情報の中で迷子にならないよう、「土地利用のリスクマネジメント」を支援する信頼性の高い「総合知」を持つ「土地利用アドバイス / 共助支援ネットワーク」がどうしても必要である。地質技術者も総合知の一翼を担うべきである。全地連、研究機関、学会、大学、土木・建設業界、社会学など異分野の知恵を持つ組織等々との連携が望まれる。全地連の地質顧問も、また一定の専門知識を持つ若手技術者も活躍できるだろう。これは「総合知支援サービス」ともいえる新しいニーズの「協業」のビジネスモデル、そして Well-being のための国民福祉ビジネスにもなるのではないか。

初代土木学会会長の古川公威は「土木は総合技術」と述べた。筆者は 20 年前に土研の地質チームの HP に「土地地質学は土地利用学の一分野である」と記して今も掲載されているが、今、総合知による土木工学の進化、すなわち土地利用学そのものの体系化が必要である。

7 おわりに

地球上で人が持続的に生きていくためには、その「土地のリスク」に関して知るべき知識や情報がある。その知識や情報を過不足無く必要なところに届け、リスク管理を適切に実施できるよう支援する仕組みが必要である。地質調査業界や地質技術者はその役割の一端を担っている。

マネジメントの語源は、馬を手 (ラテン語の Manus) で何とか御する手腕だという。人間がその土地 / 地質 (暴れ馬?) を何とか御して生きていくその支援者として、全地連が 60 年前に創立されたように、既存の枠組みにとらわれず、足りない役割を発見し、また創出して、「何とかうまくやること」(マネジメント) が求められている。

〈参考文献〉

- 1) ウィキペディア：人新世，
<https://ja.wikipedia.org/wiki/人新世> (2023年1月5日現在)
- 2) UNESCO：geodiversity Day
<https://www.geodiversityday.org/> (2023年1月5日現在)
- 3) 横山秀司 (1995)：景观生態学，古今書院，207p.
- 4) 小泉武栄 (1993)：「自然」の学としての地生態学 - 自然地理学の一つのあり方 -，地理学評論，66A, pp.778-797.
- 5) 佐々木靖人 (2003)：応用地生態学—生態学と応用地質学のコラボレーション—，応用地質，第43巻，第6号，pp.345-358.
- 6) 佐々木靖人，品川俊介ほか (2007)：地形地質的視点に基づく生態系への環境影響の予測・軽減技術に関する共同研究報告書応用地生態学—生態系保全のための地盤の調査・対策技術の体系化—，土木研究所共同研究報告書，第359号。
- 7) 福岡市ホームページ：地下鉄七隈線延伸工事に伴う道路陥没事故について
https://subway.city.fukuoka.lg.jp/subway_webapp/files/uploads/0.dourokaihoumade__2.pdf (2023年1月5日現在)
- 8) 国土交通省，土木研究所，土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会 (2020)：土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン - 関係者が ONE-TEAM でリスクに対応するために - 及び参考資料，会議資料。
https://www.pwri.go.jp/jpn/research/saisentan/tis_hitsujiban/iinkai-guide2020.html (2023年1月5日現在)
- 9) 土木学会 (2022)：Beyond コロナの日本創生と土木のビッグピクチャー【提言】～人々の Well-being と持続可能な社会に向けて～
https://committees.jsce.or.jp/chair/system/files/2021JSCE_BigPicture.pdf (2023年1月5日現在)
- 10) 佐々木靖人 (2022)：人新世における地震・地盤・土砂災害と土木技術—不確実性と想定外の壁を越えて— (座談会 PPT)，土木研究所 100 周年記念講演会。
- 11) 綿谷博之 (日本応用地質学会土质地質研究会ダム WG 長) (2015)：重力式コンクリートダムの基礎掘削面における地質分布及び岩級区分の調査精度に関する検討，日本応用地質学会平成 27 年度シンポジウム予稿集，pp.34-40.
- 12) 植田律 (2022)：地質・地盤リスクマネジメントの基本体系の構築に関する研究，土木研究所資料第 4416 号 2022 年 2 月令和 2 年度交流研究員報告書概要版，pp.25-30.
- 13) 植田律・阿南修司・梶山敦司 (2021)：公共事業における地質・地盤に関するリスク要因の特徴，応用地質，第 62 巻，第 3 号，pp.181-186.

地盤情報

おおにし ゆうぞう
大西 有三*

K
ey Word

地質・地盤調査, 地質・地盤技術者の役割, デジタル化とDX化,
地盤情報取得技術, 不確実性と地質リスク

▼1 はじめに

地盤情報とは、人間の活動やインフラに影響を与える地球の物理的特性、構造、地質条件などに関連するデータや知識を指しているとされる。地質調査業は、地質図、土壌や岩石の特性、地下水や地表水の特徴、地すべりや地震などの地質災害など、さまざまなデータが含まれている地盤情報を収集・分析し、安全で持続可能な社会を実現し、継続的な経済活動を支えるために重要な役割を担っている。例えば、地震などの自然災害による被害を最小限に抑えるためには、地震に強い耐震性に優れた建造物を建設する必要があるが、そのためには、地盤構造を正確に把握し、建物の基礎の設計に反映させていることは地震の多い我が国ではよく知られている。

地質・地盤に関する情報は、自然災害のリスクが高い地域を特定し、リスク軽減策に役立てることができるため、災害防止・軽減の取り組みに不可欠である。地質調査業は、これらの情報を公共機関、企業、地域社会に提供し、安全な開発と災害への耐性を支援する重要な役割を担っている。また、防災・減災だけでなく、インフラの計画・設計、資源探査・管理、環境評価など、さまざまな用途で地質情報は重要視されている。地質状況を把握することで、工法や基礎の設計、土地利用について、技術者や設計・計画者は十分な情報を得た上で意思決定を行うことが可能になるのである。

地質・地盤情報の重要性と有効性は、データの質とアクセス性に依存する。情報技術の進歩と情報産業の台頭により、地盤データはかつてないほど効率的かつ効果的に処理、分析、共有することができるようになってきている。地盤データの管理

には、BIM (Building Information Modeling) や CIM (Construction Information Modeling) の利用による可視化が進んでおり、地質・地盤の状態をより正確かつ包括的に分析し、関係者間でより良いコラボレーションを行うことができる方向に進んでいる。また、デジタルトランスフォーメーション (DX) により、地盤技術者の遠隔地勤務や効率化が進み、ワークスタイル変革が起こっているのが現状である。

また、地質・地盤情報は、防災・減災の観点からも、安全な生活や経済活動を支える重要な役割を担っており、これらの情報を収集・分析し、地質調査業は、リスク低減戦略、インフラ計画・設計、資源探査・管理、環境評価などに役立てている。情報技術の進歩により、新しい時代においても地質・地盤情報の有効性とアクセス性が向上し続けることが期待される。

▼2 地質調査業の過去から現在までの変遷

歴史を振り返ってみると、地質・地盤情報を取得するために様々な努力と工夫が積み重ねられ、地質及び地盤の理解とそれを支える技術の進歩に伴って進化が起きたことがわかる。古代から中世にかけては、地盤の性質についてはあまり理解されておらず、建物の基礎は簡単な観察や経験に基づいて設計されていた。そのため、地盤の不安定性による被害や建物の倒壊などが多発したのである。近代以降、地盤情報の取得方法は大きく進歩し、19世紀には地震計や地盤力学・地盤工学、地質学の研究が進み、地震動や地盤の挙動に関する知識が増加した。また、20世紀には地盤調査技術が発

*京都市名誉教授 一般社団法人 国土地盤情報センター 理事長

展し、広い範囲で地盤の特性を調べることが可能になった。

現代においては、地質・地盤情報を取得するために、地質調査や地盤調査、地盤情報のデータベースの利用などが行われており、地質調査では、地盤の構造や成分を調査するために、地中の岩石や土壌の試料を採取して分析する。地盤調査技術は、過去50年から60年の間に急速に進化し、特にボーリング機器、地震探査、電磁波探査、音波探査、レーダー探査などの高度な技術が開発され、地表近くから地盤の深層部まで詳細な情報を取得できるようになった。

地盤情報のデータベースの利用は、過去の地盤調査の記録を管理し、新たな地盤調査の計画や建築プロジェクトの設計に活用することができる。コンピュータ技術やデジタル技術の普及により、地盤情報の収集、処理、解析が容易になり、GIS（地理情報システム）やCAD（コンピュータ支援設計）などのソフトウェアを用いることで、地盤情報を視覚的に表現し、分析することが可能になった。さらに、人工衛星を使ったレーダー探査やLIDAR（光検出および距離測定）など、先端技術を用いた地盤情報の取得方法も進化している。地質調査業はこうした新しい技術を取り入れ、世の中の要望に応えてきた。

地震災害が多発する日本において、地盤情報は地震災害の対策に不可欠であるため、近年は、より正確な地盤情報を取得するための技術開発が進められている。また、環境問題への関心の高まりにより、環境負荷の少ない調査方法が求められるようになってきているなど、地盤情報を取得するための調査方法が変化しつつある。

このように、地盤情報を取得するために、長い歴史の中で、科学技術の進歩とともに、地盤に関する理解と技術が進化し、地質調査業は常に最新の情報を取り入れ、有効に活用出来るように工夫しながら前に進んできた。地盤調査技術の進化やデジタル技術の普及、環境問題への関心の高まり、地震災害への対策の強化などへの対応が求められる中、地質調査業は体質を強化しつつあり、より正確な地質・地盤情報の取得と災害対策に力を入れている。

3 地質・地盤技術者の役割

地質・地盤技術者は、地盤情報を得るために過去から現在に至るまで重要な役割を果たしてきた。地盤情報を活かすためには、まず正確かつ詳細な

地質情報が必要である。そのため、地質・地盤技術者は、建設現場での地盤の状態や地質学的特徴を調査し、詳細な地質情報を提供する役割を担っているのである。

地質・地盤技術者は、現場の地質状況を詳細に調査し、岩石や土の特性、地下水位、地層の分布、地盤沈下の可能性などを解析する。そして、地盤工事が正しく行われているかどうかを現場で監視し、施工品質の管理を行う。また、工事完了後の地盤の状態を調査し、工事の仕上がりを確認する。また、地質・地盤技術者は、地震や洪水などの災害が発生した場合、被災地の地質調査や被災地の地盤の安全性を確認する支援を行うのが常である。

このように、地質・地盤技術者は、地盤情報を得るために必要な技術や知識を持ち、安全かつ効率的な建設を支援する中心的な役割を果たしている。こうして地盤情報を正確かつ詳細に調査し、地盤改良計画を策定し、施工時の品質管理を行うことで、安全で耐久性のある建設物の建設を支援する役割を果たしているわけである。

地質・地盤技術者は、地盤情報を得るために必要な地盤調査の計画立案も行っている。地盤調査の種類や調査範囲、調査方法を決定し、調査の実施に必要な機材や人員を手配している。そして、彼らは地盤調査を実施するために必要な技術や知識を持っているので、地盤調査に必要な機材の操作や地盤の掘削、採取などを実施し、質の良い地盤情報を収集するのである。さらに、収集した地盤データを解析し、地盤の性質や状態を評価し、地質学的な分析や地盤力学的な解析を行い、地盤の強度や沈下の予測値を算出するのである。

地質・地盤技術者は、地盤情報を基にして、適切な施工計画を立案できる。地盤の性質や状態に合わせた構造物の設計や施工方法、地盤改良技術などを考慮し、安全かつ効率的な施工計画を策定する。続いて、施工現場において、施工計画に基づいた施工の監理・調査を行い、施工中における地盤の変化や問題点を把握し、必要に応じて施工計画の修正や必要な強度を得るための地盤改良の提案を行っている。

さらに、地質・地盤技術者には、工事現場の地盤がどのような特性を持っているかを明確に把握し、土木工事において最も重要視される地盤情報を提示するように求められる。すなわち、地盤の強度や安定性に関する情報は、建物や構造物の設計や施工において最も重要な情報であるため、地盤が強度不足や不安定な場合、建物や構造物が沈下したり倒壊したりする危険性があるので、これ

らの情報を正確に把握し説明することを求められるのである。

中でも、地盤の含水状態は、地盤の強度や安定性に大きな影響を与えることが知られていることから重要な情報として取り扱われており、地盤が過剰に水分を含んでいる場合、沈下や液状化などの問題が発生する可能性があるため、地下水位の分布や流動状況などを含む水分状態に関する情報を正確に把握し危険性を指摘することが必要である。

地質・地盤技術者が把握している地盤の地質情報は、地盤の構造や堆積層、地下水脈の位置などを把握するために重要視され、地盤改良の必要性や施工方法の決定に役立つ。さらに、地下に埋まっている構造物（パイプ、配管、ケーブルなど）の位置や深度は、工事中の事故を防ぐために事前に把握しておく情報だが、人的・物的資源不足から十分な対応がされていないという課題が残されている。

以上のように情報を正確にかつ精度良く把握することで、土木工事において安全かつ適切な施工が行われるため、地質・地盤技術者の責務は大きい。

4 地質情報とデジタル化および DX 化

デジタル化は、地盤情報を効率的に管理・利用するために非常に有用である。デジタル化により、地盤情報を簡単に共有、編集、分析することができ、建築物や構造物を建設する際に必要な正確で信頼性の高い情報を提供することができる。具体的には、デジタル技術を用いて地盤情報を3次元の立体的な形式で表現することができるので、地盤情報を可視化することが可能になり、より正確かつ直感的に評価することができる。また、デジタル技術により、地盤情報を分析し予測することもでき、構造物を建設する前に、地盤に関する問題点を検出し、適切な対策を講じることが可能になる。

また、デジタル技術を用いた地盤情報の共有は、地盤情報を必要とする関係者間のコミュニケーションを改善することに繋がる。政府機関者、調査業者、設計者、建設業者、不動産業者など、多くの人々が関わる建設プロジェクトにおいては、地盤情報を共有することで、全体最適な計画を立てることが可能になる。しかし、地盤情報をデジタル化するためには、高度な技術や専門知識が必要であるため、人材育成のための方策が求められ、AIと結びついた再教育やリスクリングが取り入れられている。また、デジタル化に伴い、情報セキュリティ上のリスクが生じることも考えておかなければ

なければならない。このため、地盤情報のデジタル化には、適切な情報管理やセキュリティ対策を講じることが必須とされる。

近年のDX（デジタルトランスフォーメーション）において、地盤情報は建設プロセスの最初から最後まで、デジタル技術によって捉え、活用されるようになりつつある。具体的には、地盤情報をデジタル技術で収集し、モデリングすることで、建設前の地盤調査、建設時の施工計画、および建設後の維持管理や再開発計画において、より正確かつ効率的な意思決定を支援することができる。また、デジタル技術を活用した地盤情報の可視化や共有によって、建設プロセスに関わるステークホルダー間のコミュニケーションを改善し、建設プロジェクトの進行状況や品質に関する情報をリアルタイムで共有することが出来る。さらに、地盤情報をデジタル技術で管理することで、長期的な維持管理計画やリスクマネジメントにおいても、より効果的な意思決定が可能となる。総じて言えることは、地盤情報はDXにおいて不可欠な情報であり、その重要性は今後ますます高まっていくことが予想される。

5 地盤情報取得のための技術

5.1 地盤情報を取得するために使用される

一般的な技術

地盤情報を得るために、様々な手法が開発・利用されてきた。歴史を重ねて利用されてきたそれぞれの技術には、さまざまな種類があり、使用目的に応じて最適なものを選択する必要がある。

5.1.1 基本的な地質調査の方法

地質調査：地質調査は、地下の地層や岩盤などの構造を調査する技術である。地下の構造を調べることで、地盤の強度や沈下の原因、地下水脈の位置などを把握することができる。

掘削調査：地盤を掘削して、地層の構造や地質的特性を調べる方法である。手掘り、機械掘削、掘削試験などがあり、ボーリングは最も普及している重要な手法である。ボーリングは、地面に穴を掘ることで地下の情報を取得する技術であり、地下の地層や岩盤などを直接調査することができる。ボーリングには、ロータリーボーリングやコアドリルボーリングなどの手法がある。

地震探査：地震波を発生させて、地盤の構造を調べる方法である。地震計を使って地盤の反応を観測することで、地下の構造を推測することが出来る。

地磁気探査：地磁気を測定して、地盤の磁場の変化から地下構造を推測する方法である。

電気探査：電気を流して、地下の導電性を測定して地盤の構造を調べる方法である。導電性が高い部分は地層が含水層である可能性があり、軟弱部として同定できる。また、近年細かく地盤の導電性を調べられる高密度探査法など新しい手法が開発されて適用が進んでいる。

重力探査：重力の変化を測定して、地下の密度を推測する方法である。密度の違いから地層の厚みや性質を推測することができるので、石油など地下資源探査に使われている。

5.1.2 地形調査

地形調査は、地盤の形状、地表面の高低差、土地の勾配などを調査することで、地盤情報を取得する技術である。地形調査には、測量、航空写真、衛星画像、LIDAR などがある。

5.1.3 地盤（地下）レーダー探査

地盤レーダー探査は、電磁波を地下に送り込み、反射波を受信することで、地下構造を調査する技術である。地盤（地下）レーダー探査は、非破壊であり、地下の構造を高精度に調査することができるので、道路下構造物の検知などに広く利用されている。

5.1.4 地震観測

地震観測は、地震が発生したときに、地震波を観測することで、地盤の性質や地下構造を調査する技術である。地震観測には、地震計、地震波探査車、地震波観測衛星などが用いられる。

5.1.5 地下水位観測

地下水位観測は、地下水の水位を観測することで、地盤の性質を調査する技術である。地下水位観測には、井戸や観測孔を掘削し、地下水位計を設置することが一般的である。地下水位上昇により地すべりが誘発されることもあり、継続的な観測が有意義である。

5.1.6 地盤変位計測

地盤変位計測は、地盤の変形を観測することで、地盤の性質を調査する技術である。地盤変位計測には、GPS、レーザー測量、傾斜計、坑内変位計などがある。

5.2 最近の地盤情報取得手法

地質調査方法は、上記の従来技術に加えて、近年では幅広い分野で新たな調査・解析技術が開発され実用化されている。

表-1 に代表的な新技術と事業段階別の有効性を示す。建設事業の構想計画段階においては、現地立ち入りが困難または制限される中で、重大なリスクの見逃しを防止しなければならない。このためには、現地に直接立ち入ることなく、非接触、非破壊で内在するリスクをマクロ的に抽出できる①②③などの技術の適用が有効となる。

調査・設計段階になると現地立ち入りが可能となるため、調査手法選定の制約は少なく、多くの調査の実施が可能となるが、より効率的な調査が求められる。この段階の地質調査は、ボーリング調査が主体となるが、ボーリング孔間を⑦⑧⑨などの物理探査で補完することで、不確実性の効果的、効率的な低減が可能となる。

これら以外の新しい機器としては、下記のものが提供されている。

LiDAR (Light Detection and Ranging)：LiDAR は、レーザー光を使用して地表の対象物の位置を測定し、高精度な3D地図を作成する技術である。これにより、地盤の高低差や傾斜などの情報を取得でき、LiDARは地形に関係なくデータを取得できるため、山岳地帯や森林などの複雑な地形でも使用可能である。また、LiDARは最近スマートフォンにも搭載され、手軽に情報が取得できるようになり、活用範囲が広がっている。

地震探査：地震探査は、地震波を使用して地盤構造を解析する技術である。地震波は地下を通過するときに速度が変化するため、その変化を測定することで地盤の構造や強度、地下水脈などを調べることができる。

GPR (Ground Penetrating Radar)：GPRは、電磁波を使用して地下の構造物を探査する技術である。地下に埋まっている管や配線、地層の境界などを調べることができる。しかし、GPRは比較的浅い深さまでしか探査できないため、道路下埋設物、建物の基礎の調査や地下水脈の調査に使用されるにとどまり、より新しい技法への展開が求められている。

地磁気探査：地磁気探査は、地下にある磁性体の位置や量を測定する技術である。地球磁場と磁性体との相互作用を利用して、地下に埋まっている鉱物資源や地下水脈などを調査することができるので、鉱山探査や地下水の探査に使用される。

衛星測位技術：衛星測位技術は、GPS（米国）や

表-1 地質リスクアセスメントに有効な新技術と事業段階別の適用性

No.	調査手法	目的	構想・計画 段階	調査・設計 段階
			現地立入 不可（公共 地制限）	現地立入 可能
①	航空レーザー計測 UAV レーザー計測	・高精度微地形解析による地すべり判読 ・傾斜量図、CS 立体図を用いた落石等危険 箇所抽出	◎	◎
②	空中物理探査	・3次元地盤物性の把握	○	○
③	干渉SARを用いた 地盤変動解析	・干渉SARを用いた地盤変動解析	◎	○
④	携帯型蛍光X線分 析装置	・自然由来重金属の含有量分布状況の把握	○	◎
⑤	ハンドヘルドレー ザ計測	・高精度微地形調査		○
⑥	高品質ボーリング	・高品質コアの採取		◎
⑦	浅層反射法探査	・支持地盤の連続性の確認		◎
⑧	微動アレイ探査	・支持層分布の推定（一次元微動アレイ探 査、2次元・3次元微動探査）		◎
⑨	3次元電気探査	・地質、地下水の3次元分布状況の把握		○

◎特に有効 ○有効

出典：全地連「地質リスク調査検討業務」の手引き，2021年7月P.50

GLONASS（ロシア）などの衛星を使用して位置情報を取得する技術である。日本も“みちびきCLAS”で参入している。この技術は、地震や地盤変動の監視や、建物や構造物の地盤沈下の調査に、また、建設現場や土木工事現場での位置情報の管理にも活用されている。

干渉SAR：近年進歩が著しい干渉SAR（Synthetic Aperture Radar）は、人工衛星を活用したSARシステムの一つで、複数のSAR画像を取得し、それらを組み合わせて地形の高さや変化を計測する手法である。この位相差は、地形の高さや変化に関する情報を含んでおり、位相差を解析することで、地形の高度や地震の揺れによる変化などを計測することができる。干渉SARは、地球観測や災害監視、地図作成などの分野で活用されているし、また干渉SARデータ解析は、地震の発生予測や津波の予測などにも役立つとされている。

上記の最新技術の他に、特に新しい機器及び手法開発が望まれているのは、最も基礎的なボーリング掘削技術である。これは、建設現場において欠かせない古くて新しい技術であり、少子高齢化で若年層の入職が減少する中で、今後も需要が高

まることが予想される。

以下に、地盤掘削やボーリング掘削技術の将来像について考察する。

現在、ボーリング掘削は、人力によって行われることが多く、作業中の安全性や作業効率の向上が求められている。今後は、自動化・省人化の進展に向けて自動化技術やロボット技術の導入により、人の介入が少なくなる可能性が予測されている。

地盤掘削やボーリング掘削は、地盤に負荷をかけることがあるため、環境に対する影響が懸念される場合がある。近い将来、環境に配慮した技術の開発が進むとともに、地盤に与える影響を最小限に抑える技術が求められるであろう。

高性能化・高効率化が追求されている地盤掘削やボーリング掘削技術は、建設現場において必須な作業の一つであり、今後はより精密な地盤情報の収集や施工が可能になることが期待される。こうした中、ボーリング掘削技術に使用される機材や器具について、より耐久性が高い素材の開発や一層の使い易さが求められることから、今後石油掘削や鉱山採掘などの他分野で使われる技術を導入し、地盤に適用できる新しい技術が開発される

ことで、より効率的な作業が可能になると思われる。

6 地盤情報の不確実性と地質リスク

6.1 地盤情報の不確実性の取扱い

地盤情報の不確実性は、構造物の建設において大きなリスク要因となるので、以下に、地盤情報の不確実性に対処するための方法をいくつか紹介する。

地盤情報の不確実性を最小限にするためには、十分な地盤調査が必要である。地盤の性質や地質構造を詳しく調査し、地盤がどのように挙動するかを予測することができれば、これにより、適切な構造物の設計や施工計画を立てることができる。さらに地盤情報の不確実性を考慮した設計を行うことも重要である。設計時には、地盤の強度や沈下の予測値に対して安全係数を設けることで、地盤情報の不確実性に対応している。

地盤情報の不確実性が大きい場合には、施工時に地盤の反応を観測（モニタリング）することが有効である。これにより、現場の状況に合わせて施工計画を修正することが可能となる。さらに建設後も、地盤の変位や沈下を積極的かつ継続的にモニタリングすることで、地盤の経時変化を把握することができ、アセスメントに役立たせられる。

現場で地盤情報の不確実性に対処するためには、地質・地盤の専門家のアドバイスを仰ぐことが大切である。地盤工学や地質工学技術に精通した専門家に相談することで、地盤情報の不確実性に対応した最適な解決策を見つけることができる。

すなわち、地質情報の不確実性が認識された場合、地質リスク調査を行い、地質リスクアセスメントに繋げていく必要がある。ここで地盤調査やリスク評価、リスク軽減策の策定、施工計画の策定、監理・検査を行うことで、地質・地盤リスクと地盤情報の関係性を見積もり、安全で信頼性の高いインフラ構造物を建設することができることになる。

地盤情報は、専門的な知識や技術を持つ地質や土木の技術者が収集することが望ましい。一般の人々が地盤情報を見ても、その中から正しい判断をすることは困難であろう。地盤情報は、多くの人々が見ても正確な判断を下すことができないため、専門家による正確な評価が必要である。

しかし、不可視空間である地下の状況を詳細にかつ正確に知ることはほとんど不可能であることはよく知られている。地盤情報に関する解釈がいかにバラバラになるかを示した説明に当てはまるのが「群盲象を評す」ということわざである。つ

まり、多くの人と同じ状況を見ても、その中で正しい判断をするには全体を見渡す専門的な知識や経験が必要であるということを示唆しているのである。同様に、地盤情報を見ても、その中から正確な判断をするには、地盤の性質や状態を正確に評価するための専門的な知識や技術が必要である。このように、専門家であっても、全てを見通すことが出来る分けではなく、往々にして不足部分が顕在化するケースが多いため、そのリスクを正しく評価するために地質リスクマネジメントが求められるわけである。

6.2 地質リスクアセスメントの技術

地質リスクアセスメントにおける地質調査は、地質・地盤条件とその不確実性を把握し、リスクの特定、分析、評価を行うための資料を得ることを目的として実施するものである。事業の初期の段階では、リスク要因の抽出に主眼が置かれ、事業の進捗とともにリスク特定から評価・分析のための調査に移行し、さらに詳細設計段階ではリスク対応（対策工含む）のための調査に移行していく。このように、事業の各段階で対象とするリスクや目的が変化するため、常に関係者間でリスクコミュニケーションを行い、各段階で求められる精度、目的を十分に踏まえた上で、効果的な調査方法を選定し実施することが重要である。こうした地質リスク調査検討の手順は、全地連（全国地質調査業協会連合会）が2021年7月に発刊した「地質リスク調査検討業務」の手引きに詳しく解説されているので、以下その内容の一部を要約して紹介する。

地質リスク調査検討業務で実施する調査計画立案においては、リスク評価・分析・リスク対応検討結果に基づき、残存リスクの内容、対応優先度（リスクランク）や現地状況等を勘案し、その段階での適用可能な最適調査方法（組合せ）を選定する必要がある。特に、近年では幅広い分野において地質調査や現場計測技術の進展が見られ、なかでもIT技術の発展に伴い地盤を3次元で可視化する調査・解析技術が開発されている。したがって、今後はこうした新技術の積極的な活用を図りつつ、より効果的、効率的な調査・解析計画を立案することが望まれる。

なお、調査・解析技術がいかに進展しようとも、地質調査は現場を基本としており、現地で取得されるデータの品質、信頼性の確保が最も重要であることは不変である。2019年3月に地質調査が品質確保法の対象に含められたため、地質調査の実施においては、従前にも増して高いレベルでの品

質確保が求められ、その実現には十分な経験と地質・技量を有する地質・地盤の専門技術者の活用が不可欠である。

6.3 地質リスクの見える化技術

現在、建設現場の生産性革命のために、地質・土質調査業務においてもBIM/CIMモデルの作成が推奨されており、地質・地盤の見える化が急務となっている。地質調査成果である地質・地盤の3次元モデルは、複雑な地下の地質・地盤構造を可視化するものである。地下の複雑な地質、地盤に対する理解が進み、事業の進捗により変化する地盤の不確実性（地質リスク）を見える化し、事業関係者間で共有（リスクコミュニケーション）することで、事業全体のリスクの低減、建設における安全性や効率性の向上に大きく寄与することが期待される。すなわち、地盤の3次元モデルは、地質リスクマネジメントにおけるリスクの特定、分析・評価、リスク対応、そしてリスクコミュニケーションのすべてのステップの基盤となるものであるが、作成には高度な技術的バックグラウンドが必要である。

なお、地質・地盤モデルは、調査結果等を基に、柱状図、地質平面図、地質断面図などを3次元空間に配置したものに地質学的な解釈を加えて総合的に作成するものであり、少なからず不確実性を含むことに留意が必要である。したがって、作成したモデルの判断根拠（地質調査データと解釈、作成手順）の明示あるいは評価しておくことがモデルの品質のトレーサビリティ確保するために重要である。

6.4 地質リスク情報に関する事項

BIM/CIMにおける3次元データ処理は、現在構造物が主体であるが、今後地表面下の3次元地盤モデルに対する要望が急速に拡大すると予想される。3次元地盤モデルを作成するうえで、一般に新規に調査したデータでは不足するため、既存の地盤情報をできるだけ多く取り込む必要がある。このとき、既存の地盤情報は再利用可能な形式でデータがダウンロード出来るデータベースシステムであることが望ましく、例えば国土地盤情報データベースなど公開されているものを積極的に活用すべきである。

一方、現実には3次元地盤モデルを作成するうえで、必ずしも多くの地盤情報が使用できるわけではない。そのため、調査地点間の地層境界は例えば数学的な空間推定技術を用いて平面的に推定

することが多い。しかしながら、実際の地層境界面は数学モデルで表現できるほど単純なものではなく、地質技術者が地質学の知見に基づきその妥当性を判断することが重要である。言い換えれば、3次元地盤モデルを作成するという作業には、地質構造を推定するという高度な技術が必要であり、単純な電子化作業として捉えると新たな人的リスクを生じさせることになりかねないということである。少なくとも「群盲象を評す」にならないように常に注意を払うべきである。

このような懸念をできる限り避けるために、3次元地盤モデルを作成する上では、地質や地盤に関する専門技術者が関与することが最低限必要と考えられる。さらに、モデル化に際してモデル要素に含まれる以下のような地質リスクに関する情報を属性情報などで示すことも検討すべきと考えられる。

7 高品質な地盤情報を得るためのポイントと有効に利用するための方策

高品質な地盤情報を得るためには、勘案すべきいくつかのポイントがあると考えられる。まず、地盤調査を行う際には、目的や範囲を明確に定めることが重要である。例えば、建物の耐震性評価や基礎設計など、どのような目的で調査を行うのかを明確にすることで、必要な情報を収集することが出来る。

さらに、調査の目的や現場の状況に応じて、適切な調査方法を選択する必要がある。そして、地盤情報を正確に収集するためには、精度の良い計測器材を使用すべきである。その時には、計測器材のキャリブレーションやメンテナンスを適切に行うことが、正確な計測結果を得るための必須条件である。地盤調査の結果を適切に分析し、評価することが重要であることは明らかだが、解釈や評価には、専門的な知識や経験を有する専門家に相談することも考慮する必要がある。そして、地盤調査の結果を適切に記録することで、将来的な参照や確認がしやすくなり、建物の設計や改修工事などにおいて、正確な情報を提供することができる。

そして、地盤情報を有効に利用するためには、関係者間で事前の情報共有が必要である。例えば、建築物の設計や工事計画を立てる前に、地盤調査の結果や地盤の特性、地質構造などを関係者間で共有すべきであろう。また、地盤調査や工事に関わる各種専門家や業者との協力体制を構築し、情報共

有や意見交換を行うことも基本的な作業となる。

また、地盤情報を有効に利用するためには、予防的な対策を実施することが必要である。例えば、地盤の強度が低い場合は、建築物の耐震性を強化することや、地盤沈下が予想される場合は、地盤改良工事を行うことも考慮しなければならない。また、地震や台風などの災害が発生した場合には、事前に災害対策を策定し、早期の復旧・復興を図ることも大切である。さらに、地盤情報を有効に利用するためには、最新の技術やソフトウェアを活用することが必要である。例えば、人工知能やビッグデータ解析技術をうまく活用すれば、より正確な地盤情報の収集、より精度の高い予測への適用を実行することが可能となる。また、クラウド上で地盤情報を共有するプラットフォームを利用（データのオープン化）することで、関係者間での情報共有や管理をより効率的に行うことが実用化されるであろう。

地盤情報を有効に利用するためには、定期的な調査とモニタリングを実施することが必要である。例えば、建築物の設計や工事に着手する前には、地盤調査を実施することが求められるが、地盤工事を行った後には、モニタリングを実施して、地盤の挙動を把握し、最善の策を講じることが出来るようにして注意を怠ってはならない。

8 まとめ

地盤情報とは、人間の活動やインフラに影響を与える地球の物理的特性、構造、地質条件などに関連するデータや知識すべてを指し、地質調査業は、地質図などさまざまなデータが含まれている地盤情報を収集・分析し、安全で持続可能な社会を実現し、継続的な経済活動を支えるために重要な役割を担っており、地盤情報を公共機関、企業、地域社会に提供し、安全な開発と災害への耐性を支援すると説明した。また、地質・地盤に関する情報は、リスク軽減策に役立てることができると、災害防止・軽減の取り組みに不可欠であるため、地質調査業は、防災・減災だけでなく、インフラの計画・設計、資源探査・管理、環境評価など、さまざまな用途で地質情報提供している。その中で、情報の不確実性や地質リスクを評価する手法など様々な手法を開発し、より正確な地盤情報を得て実務に適用している現状を示した。

こうして地質・地盤情報が収集され、専門分野におけるデータの収録が進んでいるが、対象が膨大で、また世の中に地質・地盤情報の重要性が十

分理解されていないために、ボーリングデータ収集一つをとっても全国的なデータベース化が成し遂げられていない現実がある。今後は、一般の人達にも地質・地盤情報を身近に感じてもらう、情報リテラシーを向上させることで地質調査業の業務に十分な理解が進み、地質・地盤データの収録に一般の人達が協力的になり、データベース構築とデータのオープン化が飛躍的に進むことを願うばかりである。

余談にはなるが、そのための第一歩は、一般の人達に地質・地盤を見て楽しんでもらうことと地質・地盤情報リテラシーの向上が必要であると考え。地球の歴史や地球内部の構造、岩石や化石などの地質的な特徴や成因などに興味を持つように導き、学ぶことを通じて楽しむことを理解してもらわねばならない。

さらに地質情報を楽しむ方法としては、分かりやすい地質学の専門書や資料を読むこと、地質学の博物館や展示施設を訪れること、地質学のフィールドワークに参加することなどがあり、こうした学びを奨励することが求められる。直接的には、地質学のフィールドワークに参加することで、実際に地質現象や岩石、化石を現地で観察し、理解を深めることができるであろうし、また、地質学に関連するイベントに参加することで、地質学の専門家や愛好家と出会い、全国に散らばるジオパークの説明を聞き、地質学についてさらに深く学ぶことができると思う。

こうしたアクションの好例の一つに、NHKテレビ番組「ブラタモリ」がある。この番組は、日本全国の様々な場所で、歴史や文化、自然環境、地形・地質などの情報を取り上げ、その地域の魅力を多彩な視点で紹介しており、映像が美しく、見て楽しい。また、MC役のタモリさん自身が地形や地質について詳しく、興味深い解説をしていて、地形や地質についても解説が充実しているといわれている。ただし、地域の魅力を紹介することが主眼のため、科学的な説明が不十分な場合があり、地域の歴史や文化に偏りがあるという批判もあるが、総合的に考えると、「ブラタモリ」は、見て楽しめる番組であり、良質な教育番組であると言える。こうした番組を見ることをきっかけにして、地質・地盤情報に興味を持ち、楽しんでもらえ、生活に密着した情報を人々が日常の安全・安心な生活構築に役立てるようになることを期待する次第である。

地質調査業の存在意義と効果

ちぎら まさひろ*
千木良 雅弘*

Key Word

地質調査業, 建設, 防災, 資源, 技術士, Professional Geologist

▼1 はじめに

地質調査業の存在意義と効果, という大変重いタイトルをいただき, 執筆するのにいささか戸惑いながらも, 私の思うところを述べさせていただくことにした。「地質と調査」に掲載されるには, いささか釈迦に説法, ということになるかもしれないが, その点をご容赦いただきたい。特集号の全体タイトルが「安全な暮らし, 経済活動を支える地質調査業の役割」なので, それにつながるように, 地質調査業の存在意義と効果, について考えていきたい。

▼2 地質調査業の定義

一般社団法人全国地質調査業協会連合会(全地連)のホームページでは, 地質調査業とは, 次のように定義されている。

地質, 土質, 基礎地盤, 地下水など地下の不可視部分について, 地質学, 地球物理学, 土質工学などの知識や理論をベースに, 地表地質踏査, 物理探査, ボーリング, 各種計測・試験などの手法を用いて, その「形」, 「質」, 「量」を明らかにする。

そして, 分野として, 次の3分野が挙げられている: 学術的分野, 資源開発分野, 建設事業分野

学術的分野: 地球科学の一分野として, その生成過程の地質学的解明や地震予知及び地球環境を含む主に純粋な学術的探求のための地質調査。阪神淡路大震災以降活断層の調査が急増した。

資源開発分野: 戦前から昭和30年代前半くらいまでは, 地質調査の主流はこの資源開発のた

めのものであったが, 現在日本では, 地熱発電のための調査を除いて細々と実施されている。

建設事業分野: 現在, 地質調査事業量の9割以上が, この分野。昭和30年代前後から急増。大規模な社会資本整備事業の進展と重化学工学を中心とした民間設備投資の増大が背景。土質工学や土质地質学など地質調査技術を支える学問領域に等しい進歩があったことも背景にある。

上記の分野の中には, 地盤・斜面防災関係が分野として挙げられていないが, これも重要な分野である。また, 地盤情報は, すべての分野にまたがる分野であると言える。

▼3 地質調査業の存在意義

3.1 学術的分野

かつては学術分野における地質調査業の存在意義はそれほど大きくなかったように思う。翻ってみれば, このことが「日本応用地質学会」が昭和33年に創立されたいきさつの一端だったようでもある。ところが, その後事情は大きく変わり, 大規模な断層調査や地下深部や深海底の学術調査が一般的に行われるようになり, 学界だけで調査をすることがなくなってきた。このような学術的分野の調査も, 地質調査業の対象となった。今や, 地質調査業による調査は不可欠になっている。

最終的な成果は, 学界のメンバーによって学術論文として取りまとめられるにしても, たいいていの場合, そのためのデータ取得や解析にあたった地質調査業がある。

*公益財団法人深田地質研究所 理事長

3.2 資源開発分野

我が国では、自国での石油・ガス、金属資源開発は極めて低調になってはいるが、それでも、海外での資源開発・調達にあたっては、地質調査業の存在は不可欠なものである。

我が国のクリーンエネルギーとして、地熱資源がある（写真-1）。現状では、エネルギー源として占める比率は低いが、埋蔵量からして十分な将来性が見込まれる。地熱資源の探査にあたって地質調査業が必要であることは論を待たない。今後のエネルギー構成がどうなるかは不透明であるが、地熱エネルギーに再び脚光が当たる可能性もあり、地質調査業は、そのための技術継承を怠らない必要がある。



写真-1 八丁原・大岳地熱発電所

我が国の鉱山のほとんどは閉山してしまったが、中には「負の遺産」として残っているものもある。国民の安全安心な暮らしを守るためには、そのための対策は必須である。たとえば、鉱山からの排水が汚染水となっている場合がある。特に硫化鉱物の鉱山では、排水が酸性となり、様々な成分を



写真-2 鉱山からの酸性排水の処理施設

溶存していることがある。写真-2は、その排水の処理施設の例である。このような負の遺産に対してどのように対処するかは、個々の地質状況を調査・評価して決めることが不可欠であり、ここにも地質調査業の出番がある。

石灰岩は、貴重な国産資源で、現在も至る所で稼行されている。安全に効率的に採鉱していくために、地質構造が詳細に調査される。稼行の後は最終的に長大のり面（最終残壁）が残され、その安定性が大きな課題になっている。

3.3 建設事業分野

建設のための地質調査が不可欠であることは従前と同様であるが、近年、建設に伴う地質リスクの回避や合理的なコストダウンの重要性が増してきており、個別の地質に対応する機会が増え、ますます地質調査業の存在意義が高くなってきている。

学術的分野と建設事業分野とにまたがる業務もある。例えば、近年原子力発電所の岩盤調査も精密かつ大型化してきている。そのスケッチは、単に写真をトレースして完成するものではなく、厳密に観察して、地質学的に解釈しながら作成する必要がある。これは、十分な経験を持つ技術者にしかできないことである。これは、地質調査業の存在意義の一つである。

我が国の社会資本には、戦後の高度成長期に整備された道路、トンネル、ダムなどが多数あり、それらの寿命を過ぎつつあるものがある。稀にはあるが、トンネルライニングの崩落などの事故もあり、建設だけでなく、建設物の保守にあたっては地質調査業は不可欠なものとなっている。

ダム建設は、一旦は脱ダムの動きによって建設がストップしたが、その後、度重なる洪水災害によって、その必要性が再認識され、再度建設の動きが始まった。ダムの安全な建設と運用のためには、地質調査業による詳細な地質調査は不可欠である。

我が国は海に囲まれた山国であり、いたるところに幹線道路が1本だけ、という地域がある。そのようなルートは特に安全性を重視した建設・保守が必要である。また、東日本大震災後には、三陸海岸から距離を置いた位置に幹線となる道路が建設された。

近年の非常に大きなプロジェクトとして、第2東名高速道路、第2名神高速道路（写真-3）、中央リニア新幹線の建設工事がある。いずれも、国土の動脈となるものであり、経済活動を支えるために変重要なるものである。これらの線状構造物は、

長い距離を複数の地質や断層を横切ることを余儀なくされるため、綿密な地質調査が必要となる。



写真-3 第2名神高速道路建設の様子
TBMで掘削されたトンネル

断層をまたいで建設されたが、それは綿密な地質調査によって断層の位置と性状を把握し、その結果に基づいて、将来的な断層の動きにも対応するように設計された(写真-5)。



写真-4 斜面のアンカー工

3.4 防災分野

近年、毎年のように自然災害が発生しており、それに迅速に対応できることは、地質調査業の存在意義の一つである。都市圏では、トンネル工事に関連する地盤沈下がしばしば発生し、また、山間地では、大小の斜面崩壊や地すべりが発生している。こうした災害に対しては、2次災害を防止し、また、早急な対策をとることが必要であるが、既定の方法の単なる適用では適切ではない場合が多く、発生場に特有の地質状況に応じた対策をとることが求められる。

道路のり面等にアンカー工を施工する場合も、「どのような仕様のアンカーをどの程度の深さまで、またどのような配置で施工すればよいか」は、事前の地質調査によって決められる。単に既定の仕様のもを既定の数量施工すればよい、というものではないのである。写真-4は、紀伊半島を縦断する国道169号のり面崩壊の対策工事の様子である。紀伊半島を南北に縦断する道路は2本のみで、国道169号はその1本であったため、復旧は可及的速やかに行われる必要があった。道路を安全に復旧するために、地質調査業による慎重かつ速やかな地質調査が行われた。

2016年熊本地震では、大小の斜面崩壊が発生し、また、地表地震断層も出現し、そのずれによって東海大学の校舎は破壊され、また、京都大学の火山研究センターも甚大な被害を受けた。これらの施設の再利用の可否の判断にも地質調査結果は不可欠なものであった。

さらに、落橋した阿蘇大橋は、地震を発生した



写真-5 復旧した阿蘇大橋。橋の左奥から右手前に断層が通過している。

2000年に土砂災害防止法が制定され、それ以降、いわゆるレッドゾーン(特別警戒区域)、イエローゾーン(警戒区域)の指定が各都道府県で実施されてきた。国を挙げての一大事業である。国が指針を定め、都道府県が調査を実施する枠組みであり、実際の調査は地質調査業が行っている。ただ、調査は地形に基づいて行われ、地質は直接的に反

映されていない。これらの警戒区域は、雨による表層崩壊と土石流、地すべりを対象としており、次の2つの土砂災害は含まれていない。すなわち、深い岩盤までもが崩れて高速移動する「深層崩壊」と地震時のテフラの崩壊である。現在、国がその対応を検討しつつあるが、その具体的検討は地質調査業によってなされている。地質調査業は、いわば黒子であるが、それなしにはことは進まない状態にある。

我が国では、被災地の復興は、たいていの場合、ハード的な対策によって行われるが、途上国では、ハード対策よりも、安全な土地利用を図る方が望ましい場合が多い。写真-6は、2005年カシミール地震の被災地で、アザド・カシミール州の州都ムザファラバードである。中心地背後の崖が広く崩壊し、その土砂が後の降雨によって土石流となり、都市を脅かした。



写真-6 2005年カシミール地震によって被災した州都ムザファラバード

州政府は復興のために地質調査を行い、ここでも我が国の地質調査業界が活躍した。政府は、同じ土地での復興だけでなく、それに代わる安全な土地も検討し、私もその相談に乗った経験がある。同様に、橋梁も同じ場所に再建設するよりも、新しい場所を選ぶ方が安全な場合もある。図-1は、カシミール州政府に首都機能の分散候補地の調査結果を説明した図である。IKONOS画像から作成した地形図と現地調査によって地形区分し、地すべり、急傾斜地、制御の必要な河川、避けるべき土地を示している。

3.5 地盤情報

地盤情報、つまり足元の地盤の地質情報は様々な分野で重要である。地下構造物の建設、地盤災害の評価、地下水利用など、我が国には古くから膨大な数のボーリングデータの集積があるが、それは多くの人々が利用できる形で情報化されている。これも地質調査業の成果である。

4 外国の地質調査業

地質調査業は各国にあり、その存在意義はどれも似ていると思うので、外国の地質調査業を支える技術者資格について次に述べたい。我が国の地質調査業を受け持っている技術者資格の最高位にあるものは、技術士である。一方、欧米諸国で地質調査業を動かしている技術者資格は、Professional Geologists（あるいはGeoscientists）やChartered Geologist、またはProfessional Engineer

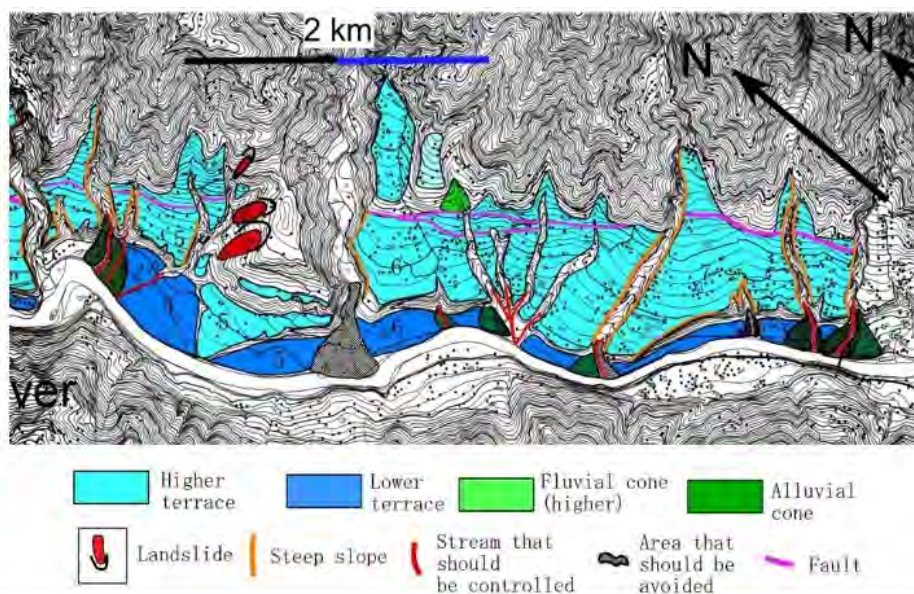


図-1 カシミール州都機能移転候補地調査例

や Chartered Engineer である。

筆者は、2000 年ごろ、日本技術者教育認定機構 (JABEE) の分野として、地球・資源および関連分野の立ち上げに関わり、その当時、諸外国の技術者教育認定システムについて調査したことがある (千木良, 2003)。その時に、諸外国の Professional Engineer あるいは、それに相当する資格と我が国の技術者資格としての技術士 (地質分野) との違いを再認識した。米国には Professional Engineer という資格と、Professional Geologist (あるいは Registered Geologist) という資格がある。それと対応するように、英国には Chartered Engineer と Chartered Geologist という資格、カナダには Professional Engineer と Professional Geoscientists の資格がある。Professional Geologist にしても Chartered Geologist にしても、地質家が地質を専門職業として働くために不可欠であるとの認識から設定された資格であるが、基本的な違いとして、Engineer は調査だけでなく、設計にまで踏み込んだ資格であり、Geologist は調査に特化した資格である。我が国の技術士は Professional Engineer に相当することになるのであろうが、その中の応用理学部門 (地質、地球物理及び地球化学) は、Professional Geologist に対応することになると思う。

Professional Engineer には地質という分野はないのであるが、Professional Engineer の質を教育プログラムの認定によって担保しようとして設立された ABET (Accreditation board for Engineering and Technology) の定めた分野の中に「Geological and Similarly Named Engineering Programs」という分野がある。その分野別基準は、次のようなものである。「卒業生が以下の能力あるいは深い理解をもつことを示さなくてはならない。微分方程式、数式に基づく物理、一般化学、および確率と統計の数学を用いることとこれらを地質工学的課題に適用する能力。地質学的原理と過程の理解、鉱物と岩石の同定、地球物理学の初歩、野外地質学、および3次元的性質をもつ地質的問題を表現して解決する能力に重点をおいた地質科学的課題に関する熟知。静力学、物質の性質と強度、地盤力学などの工学に関する熟知。地質工学的問題に地質学の原理を適用して設計で解決する能力。これらの地質工学的問題には次の一つ以上の事柄が含まれること。1) 水文地質を含めた地殻物質の物理的性質、2) 地殻形成過程の影響、3) 建設工事のインパクト、資源の探査と開発、廃棄物処分、およびこれらの物質や過程に対する社会の他の活動のインパクトでこのプログラムにふさわしいもの。」

こうしてみると、我が国の地質調査業の対象としていることとほぼ重複していることがわかるが、ABET の基準の中には、「地質工学的問題に地質学の原理を適用して設計で解決する能力」という項目があり、設計にまで踏み込んだ点を重視している。

Professional Geologist は、米国の州認定の資格であるが、いくつか異なる呼称がある。また、カリフォルニア州には Registered Geologist, Registered Geophysicist, Certified Engineering Geologist, Certified Hydrogeologist といった小分けもある。その資格はほぼ技術士の応用理学部門に対応するようである。

5 地質調査業の効果と今後

地質調査業の効果と地質調査業の存在意義とは表裏の関係にあり、効果があるから存在意義があるともいえる。そのため、ここでは、4章で述べたことは繰り返さない。

人類の営みが地表で行われることを考えれば、その足元を良く知り、それに応じて行動していくことが不可欠なのは当然のことである。そして、良く知るための学問である地質学あるいは地球科学が社会に必要なことは自明であり、その継続的な発展をはかるためには、コミュニティが良く“回る”ことが必要である。コミュニティは、産つまり地質調査業と、学つまりアカデミア、また行政から構成されている。どれが欠けても正常なコミュニティの発展は期待できない。新しい研究開発のためには、「学」が必要であり、それを推進するには、若い力を供給し続けるシステムが必要である。そのためにはある程度の数の学生に対して高等教育を実施していくことが不可欠である。学生たちは、高等教育の後に職を得る必要があり、地質調査業は、その最も大きな受け皿と言え、これもある意味で存在意義である。学術的な仕事につける人数はごく限られており、最近では任期付きの職を転々としたあげくに、専門性を生かした職業につけなくなるということもある。地質調査業とアカデミアとの間の人事交流がもっと盛んになれば、コミュニティも活気づくと思う。

地質調査のための技術開発においても、地質調査業は中心的な役割を果たしてきている。技術開発によって、調査システムや地質評価システムを変革する効果があったと言える。たとえば、かつては回収不可能だった脆弱な地質も高品質ボーリングの開発によってほぼ100%不撓乱で回収することができるようになり、地盤の評価に大きな貢献

になった(写真-7)。さらに、孔間トモグラフィー技術にも大きな進歩があった。

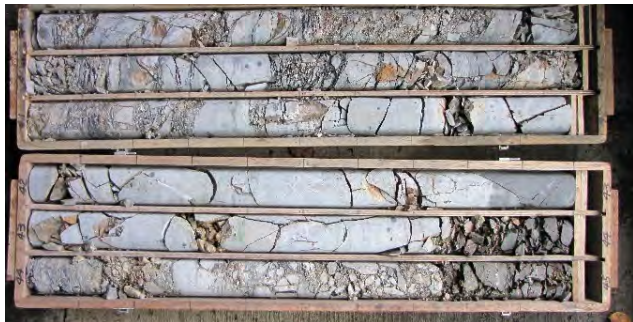


写真-7 高品質ボーリング

地質調査業は、科学技術の基盤をあげるという効果も持っている。2人のノーベル物理学賞を生んだカミオカンデ、スーパーカミオカンデに引き続いて、現在ハイパーカミオカンデが建設途中である。これは、前身の2つの地下空洞よりもさらに大きく、直径約70m、高さ約70mの地下空洞を建設して観測に用いるものであり、まずは、安全に空洞を掘削することが必須である(写真-8)。そのために、地質調査業が活躍している。さらに、宇宙創成の謎を解き明かすために、リニアコライダーという30～50kmと長いトンネルを建設する計画が北上で進んでおり、現在そのための調査が進められている。このように、地質調査業は、我が国の基盤的研究レベルを上げることに貢献している。

地質調査業は、我が国の社会システムの下支えにもなくてはならない。我が国がかかえる大きな社会的問題として、原子力エネルギー、二酸化炭素の問題がある。原子力発電所自体は1963年に東海村に火がともって以来、長い経験があり、その立地選定にあたって地質調査業の果たした役割は大きい。一方、長年懸案となってきた放射性廃棄物、特に高レベル放射性廃棄物の地層処分の処分場選定は一向に進んでいない。国は段階的に調査を進める方針であるが、どの段階においても地質調査業が一つの中心になることは論をまたない。我が国で地層処分ができるか否かは、我が国のエネルギー計画の将来を決める、といっても過言ではない。地下の岩盤のことを一番よく知っているのは地質調査業である。地質調査業が公的な立場から発言できるようになることが望まれる。二酸化炭素の地中貯留においても、地質構造の調査・評価は地質調査業が担う仕事である。

地質調査業の基本は野外地質調査である。しか



写真-8 ハイパーカミオカンデ空洞掘削状況

しながら、地球科学の先鋭化に伴って、近年、高等教育において野外調査を教育する機会が減少してきていることが懸念される。

中国では、大学の教員達が、国の調査を研究課題として受け、学生や業界を使って実施している。そして、その成果を国際誌に投稿している。多くの場合、我が国の地質調査業が行っていることと大差ないように見えるが、結果的に論文が掲載されれば、教員達の国際的な評価があがる、という構図になっている。

我が国の地質調査業は、ほとんどベースのない状態から調査手法、分析、評価手法を構築してきた。しかしながら、このままでは実力があがりながら、世界から認められない、という状況にもなりかねない。また、さらには、海外での地質調査業の展開にも支障が出てくるのではないかと懸念される。

欧米諸国で地質調査業を動かしている技術者資格は、Professional Geologists(あるいはGeoscientists)やChartered Geologist、またはProfessional EngineerやChartered Engineerであることを4章で述べた。このほかの国々にも大抵地質技術者の資格があり、国の基盤的な技術者資格となっている。残念なのは、日本には「地質家」

のように明示的な資格がないことである。日本のように変動帯にあり、複雑な地質構造が普通で、場合によっては地質条件が重要なプロジェクトの骨格を決めてしまうような場合もある国こそ、地質調査業を代表するような「地質家」資格があるべきだと思う。

〈参考文献〉

千木良雅弘 (2003) 欧米における地質技術者教育認定の現状 (米国, カナダ, 英国). 日本学術会議 地質科学総合研究連絡委員会, 地質学研究連絡委員会, 資源開発工学研究連絡委員会, 日本応用地質学会, 日本地質学会, 日本地下水学会, 資源・素材学会「諸外国における地質技術者教育の実態調査とわが国におけるあり方」資料集. 23-82.

地質調査業の今後の展開への期待： 特に地下を高度に扱う現代社会を意識して

とくなが ともちか*
徳永 朋祥*

Key Word 地下空間・地下環境、地表・地下・人工物システム、DX

1 はじめに ー地下空間・地下環境を 高度に利用する現代社会ー

私たちの社会は、地表面を高度に利用することに加え、地下の領域をも積極的に活用することを通し、豊かな社会の構築を進めてきている。特に、都市域においては、地下鉄や道路トンネル、地下街などの利用が進み（図-1）、普段の生活で積極的に地下空間を利用している。一方で、地下空間が持つ長期安定性や、地表環境変動の影響が少ないことに期待をし、長期間安定して物質を保管したり隔離したりする場としても、地下空間は利用されており、さらには、今後も活用されることが想定されている。図-2は、エネルギー資源の地下備蓄を目的とした地下大規模空間の建設時に撮影された写真であるが、日本のように十分な量のエネルギー資源を国内から生産することができない国においては、エネルギー資源確保のための地下空間利用も行われている。また、高度に発展した私たちの社会を下支えするエネルギーや物質を生産してきた結果として発生する廃棄物の処分や長期貯留の場としての地下利用も検討がなされている。例えば、原子力発電の結果発生した使用済み燃料を処理することを通して生成される高レベル放射性廃棄物の地層処分や、二酸化炭素を回収したのちに地下に貯留をする二酸化炭素回収・貯留（CCS）などでは、少なくとも現在から近い将来にわたっては、地下空間を活用することを念頭においた検討や準備が進められている。

地下空間は、その場が持つ特性としての安定性への期待があり、前述のような実践や今後の利用に向けた検討が行われているが、実際に、その意義が示された事例がある。2011年3月11日に発



図-1 私たちの生活の場としての地下街の活用
(東京駅地下街)



図-2 エネルギー資源地下備蓄のための地下空間利用の例

生した東日本大震災とそれによって引き起こされた津波によって、特に、東北日本太平洋岸は深刻な被害を受けたことはよく知られている。岩手県

*東京大学 大学院新領域創成科学研究科

久慈市には、原油の国家地下備蓄基地である久慈国家石油地下備蓄基地が位置しており、そこでも、津波によって、地表施設は深刻な被害を受けたことが報告されている¹⁾。この基地には、地下岩盤タンクに約170万klの原油が当時も備蓄されており、震災時には、津波による地表施設の被災や電力供給の途絶が発生した。そのような中、地下に備蓄されていた原油の漏洩等は発生せず、空間としての地下が、大規模な自然災害に対しても頑強であることが示された¹⁾。これまでも、地震災害を度々被ってきた日本をはじめとして、地表に比べた地下環境の安定性についていくつかの事例が報告されてきており²⁾、地下空間を適切かつ戦略的に活用していくことを通して、私たちの社会の頑健性と安全を高いレベルで確保していくことへの期待は大きい。

地下は、資源開発の対象として、私たちの社会にとって重要な対象であり、現在、さらには将来にわたってもそのような位置づけであると認識している。日本国内においても、千葉県・新潟県・宮崎県で生産されるヨウ素は、世界全体の生産量の約1/3程度を占めており、天然ガスの生産とあわせて事業として進められている。より身近な地下から得られる資源の一つとして地下水も重要であろう。地下水は、私たちの生活にとって不可欠な「水」としての資源であると同時に、地下水が湧出する場が作る景観・環境・文化も私たちの社会にとって重要な資源という位置づけと考えられる。それらには、湧水やその周辺に形成される特有な生態系の存在や、地下水を用いた様々な産品を通じた地域文化の形成、さらには、「水神さま」等を通じた地域コミュニティの形成³⁾などがあげられる。日本の豪雪地域においては、地下水が持つ「熱」を高度に活用することで地域生活の質が大きく向上したこともよく知られている。1961年に誕生したといわれる消雪パイプは、その使いやすさと消雪効果が極めて高いことから、急速に導入され、現在では、地域の生活に欠かせないインフラ構造物となっている。この普及には、技術指針⁴⁾の取りまとめも大きな役割を果たしたことも知られている。一方、その特性から、必要以上の揚水をしがちになるという傾向があり、その結果発生する揚水可能量の減少に伴う更なる井戸掘削やより深い帯水層への掘削の進行という課題も最近では抱えているようである。これは、典型的な「共有地の悲劇」⁵⁾の要素を抱える問題であり、地下資源（地下水）を積極的に活用する社会にとっては、重要な課題の一つともなっている。

2 地下環境が持つ特徴

これまで述べてきたように、現代社会は、地表を高度に活用してきたことに加え、地下空間や地下環境を活用することを通じた発展を続けている。その対象である地下環境は、それが、自然のプロセスの結果として形成されたものであるということが、当たり前ではあるが重要な観点になってくる。例えば、平野においては、氷河性海水準変動に伴う侵食・堆積過程の結果としての地層分布の理解が不可欠になってくる。図-3は、東京における台地と沖積層基底面高度の分布を示したものである⁶⁾が、この図からわかるように、約18,000年前の最終氷期に形成された埋没谷や埋没段丘が東京下町の地下に存在していることが明瞭に示されている。ここで示されている沖積層基底面高度から現在の地表面までの間は、約18,000年の間に堆積した極めて新しい時代の地層からなっており、その地下地質分布は複雑である。

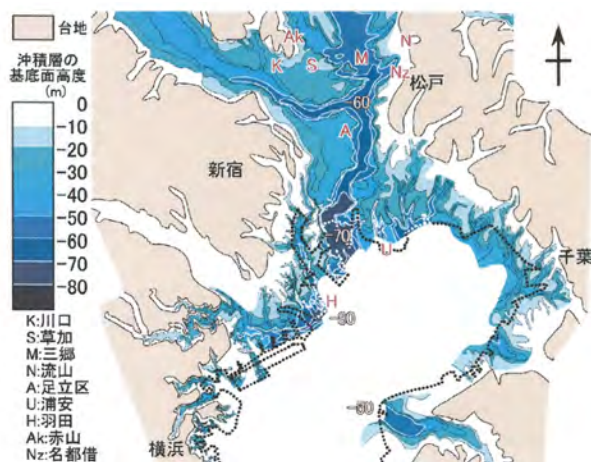


図-3 東京における台地と沖積層基底面高度の分布⁶⁾

日本の平野においては、同様の埋没谷・埋没段丘が存在していることはよく知られているが、それらは地域ごとに特徴を持っていることも認識する必要がある。ここでは、沖積層の厚さを事例として東京下町と新潟平野の比較を示してみたい。図-3にみられるように、東京下町の埋没谷の基底面高度は-70m程度となっているが、新潟平野においては、その高度は-160m程度となっている(図-4)。このように、新潟平野における最近18,000年間の堆積層の厚さは、日本の他地域のそれに比べて著しく厚いことが知られているが、それは、この地域がおかれている場の特徴によるものである。より長い時間スケールで考えてみると、新潟平野においては、新第三系の堆積層の厚さは、場所によっては8,000mにもなることも知られている⁷⁾。

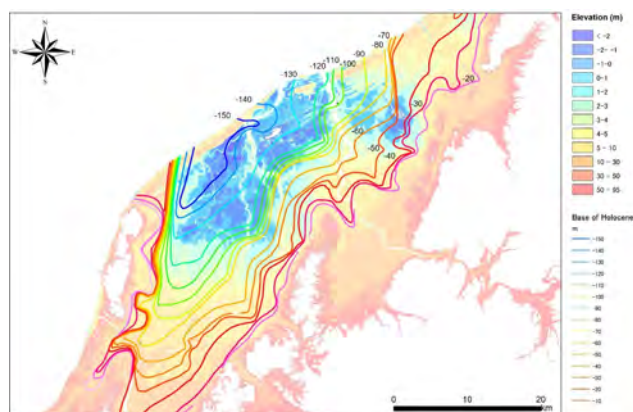


図-4 新潟平野における沖積層基盤標高と地形。(標高分布図は、国土地理院発行の「数値標高モデル」の5mメッシュデータを用いて作成。沖積層基底深度図は5万分の1地質図幅「新潟」GISデータ <https://www.gsj.jp/Map/JP/geology4-7.html> (産総研地質調査総合センター) を使用して作成)

地下環境を考えていくうえで見逃してはならない別の観点は、人間活動による擾乱であろう。特に、東京等の平野部においては、地下鉄や道路トンネル、地下街といった構造物の構築に加え、地下水を活用してきたことによる地下環境の変化についての理解も重要である。例えば、東京駅や上野駅は、その地下部の建設時には、地域の被圧帯水層の地下水水理ポテンシャルが低かったことが知られている。これは、第二次世界大戦後の高度経済成長期に、東京の下町地域においても、地下水が活用されていたことに起因するものである。その結果発生した地盤沈下抑制のための対策として導入された地下水利用規制により、地域の地下水ポテンシャルは上昇し、その影響を受け、現在では、地下構造物に対する地下水の持つ圧力による荷重がかかる状況に至っている⁸⁾ことは、よく知られている。地下構造物と地下環境、人為的な影響による地下環境変化の関係は、都市域の地下の高度利用や環境保全を考えるうえでは、その認識を持つ必要がある事項の一つである。

3 地下という領域を扱っていくために必要なこと

3.1 地表・地下・人工物のシステムとして理解するというアプローチ

これまで、地下空間、地下環境に焦点を当ててきたが、21世紀の私たちの社会をより豊かなものにするためには、地域の統合的なデザインを考えることが求められるはずである。その場合、これまでの都市や地域のデザインにおける主題であっ

た地面よりも上の領域に加え、地下をも含めた地域のデザインを行うことが望ましいし、その方向に進めるべきではないかと考える。同様の考え方は、すでに英国地質調査所から、“Future of Cities”というコンセプトとして紹介されている⁹⁾。この時、特に地下に関して考えるうえで重要なことは、これまで述べてきたこととあわせて考えると、以下の点が挙げられる。まず、そもそも、地下環境は、自然のプロセスの結果として構築されてきていることから、本質的に地下の地質分布は複雑であり、不均質性を持つという点である。また、地下の情報完璧に得ることは現実的ではないことから、地下を検討するにあたっては、地下に関する情報が持つ不確実性を認識することが必要である。そのような状況の場に対して、すでに、地下水の揚水や地下水利用規制等の人間活動による擾乱があること、さらには、地下空間開発を行ったこと等を通して、すでに地下には多くの人工構造物が存在していることをも含めた検討を行うことになる点も重要なポイントの一つである。このような観点を含め、地表・地下・人工構造物・人間社会がシステムとして挙動するという取り扱いが求められてくるのだろうと考えている。

このような考え方を進めていくことが求められる分野は、社会と地盤と人工構造物の間の問題に限ったことではない。私は、大学に勤務していることから、日本学術振興会が管理をしている科学研究費への申請を通じた研究を行うことが活動の一つとなっている。その研究費において、2016年度から2021年度を研究期間としたユニークな分野が開設されたことがある。その分野は、「人工物システムの強化」と言われるものであり、その言葉自体が意味することはそれほど自明ではない。一方、その分野の説明を見ると、その意図の理解ができるのではないと思う。以下に、「人工物システムの強化」の内容の一部を引用する。

「当初適切に設計した人工物のシステムが、時間の経過や空間の拡大とともに外的（環境）及び内的要因により不具合を起こす例は枚挙に暇がない。時間的あるいは空間的に部分最適化した解が、求められる全体最適解とは必ずしも一致しないために生じる現象と捉えることもできる。時間の経過や空間の拡大とともに、再度システム全体を作り直すことが不可避となる場合もあるが、それが容易でない場合には、既存のシステムを「強化」することが必要となる。ここで「強化」という用語は、新しく設定されたシステムの目的に、より適合す

るようにシステムを変更するという意味で用いる。
(以下省略)」

この文章の述べていることは、私たちが扱って
きている地下空間や地下環境を持続可能に活用し
ていくために考えていくべきことと同様の方向性
を示しているように私には思えてならない。

3.2 地下に関する基礎的情報共有の重要性

2016年11月に発生した福岡市営地下鉄七隈線建
設工事に伴う道路陥没事故後の多くの議論に見ら
れたように、地下空間利用や地下環境保全を進め
るにあたって、地下が本質的に持つ不均質性や情
報の不確実性を適切に取り扱うことの重要性がま
すます高まってきている。そもそも、都市におけ

る構造物建築や、これまでに行ってきた地下開発
時には、ボーリング掘削による調査や物理探査な
どの手法を用いた探査や調査が行われており、多
くの場合、それらの調査結果に基づく適切な設計
や施工が行われてきている。しかし、残念なことに、
本来、私たちの社会の基盤である地下環境情報は、
国民が共有すべきいわゆる国土基盤情報の一つに
なるべきものと思う中、その実現には多くのハー
ドルがあることも事実である。2017年には、国土
交通省社会資本整備審議会・交通政策審議会から、
「地下空間の利活用に関する安全技術の確立につい
て 答申」¹⁰⁾ が発表されており、地下に関する情報
を社会の中で共有することの重要性について述べ
られているように、地下に関する基礎的情報の共
有に向けた活動は、喫緊の課題である。

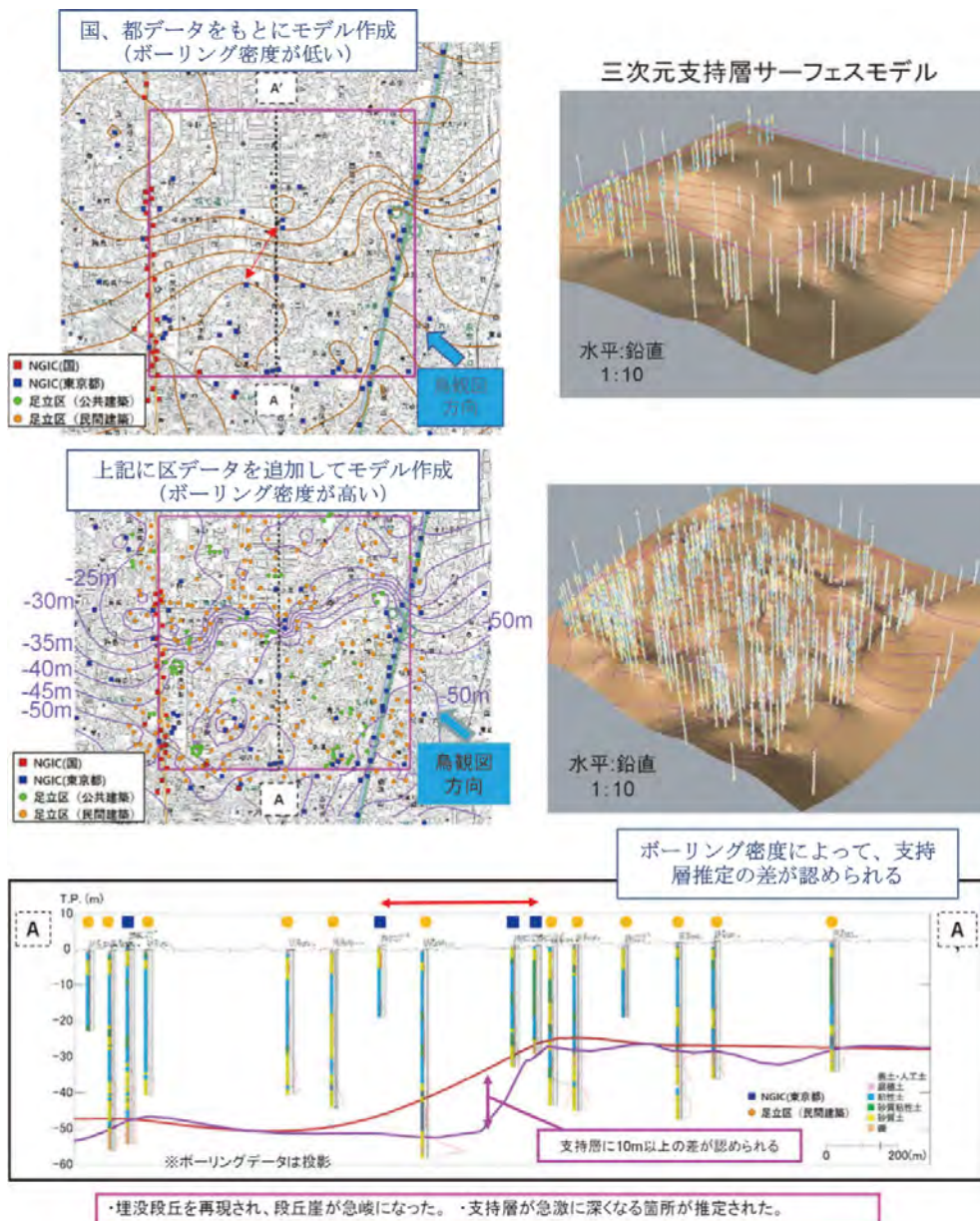


図-5 3次元地盤モデルが持つ不確実性とボーリングデータ密度が重要であることを示す事例¹¹⁾

最近、国土情報センターは、「3次元地質・土質モデルガイドブック」¹¹⁾を発行し、3次元の地質・土質情報の今後の活用の意義とその考え方に関して重要な発信を行っている。その中では、より多くの地下に関する情報を整備し、共有することの重要性が事例を通して示されている(図-5)。この事例は、ボーリングデータの密度が高くなることにより、地下の地質・土質分布に関する理解がより適切になるということを端的に示しているものである。私は、この図に示された理解をするためには、データの密度という論点に加え、自然のプロセスの結果形成される地下の地質分布に関する知識の重要性も示されていると認識している。すなわち、この事例においては、ボーリングデータの密度が高くなったために、埋没段丘が的確に認識され、その結果、支持層が急激に深くなる場所が適切に推定されたということになっている。この中には、「埋没段丘」が形成されていること、そのために、「埋没段丘に伴う段丘崖」が存在することが強く想定されること、など、自然のプロセスに関する認識に基づく解釈がある。このことは、データの質・量が増えるということとともに、地質学や堆積学といった基礎的な学問の知見を適切に活用していくことが相まって、よりよい地下環境の理解に至るということだと考えている。

最近行われているボーリングデータの電子化等、デジタル化の流れは、前述の“Future of Cities”に代表されるような地表面及びその上部と地下とを

統合したデザインにおいて不可欠な第一歩であり、いわゆる BIM/CIM 統合という活動の一環と認識している。そのような活動は言うまでもなく重要であり、その流れの先には、提供される多くのデータを高度に活用し、開発等の事業を進めていくという未来が想定される。その中で、これまで多くの一次データを取得するために地下に関する調査・探査・ボーリングコア採取を行い、それらの記載・解釈を通じたデータを3次元空間、さらには、時間変化を含めて階層をあげた解釈を行ってきた分野の知をどのように活かしていくのかを真剣に考えることも必要である。このような認識は、決して後ろ向きなことではなく、デジタル化やデジタル思考といわれるものを通して社会の変革を目指すデジタルトランスフォーメーション(DX)に、広い意味での地質調査業が貢献するあり方を探るものであり、その先には、地下のことをよく理解するグループが牽引するDXが見出されることへの期待は大きい。

3.3 モニタリングが教えてくれること

地下に限らず、環境に関する理解を深めるためには、観測(モニタリング)が有用であることはよく知られている。特に、地下のように直接見ることができない領域へのアプローチを進めるには、モニタリングは不可欠な手段であり、さらに言えば、モニタリングとモデリングを連携させることが強力な手法の一つになると考えている(図-6)。

直接見ることができない現象を“観測・モデル化”で理解し管理する(地下水開発を事例として)

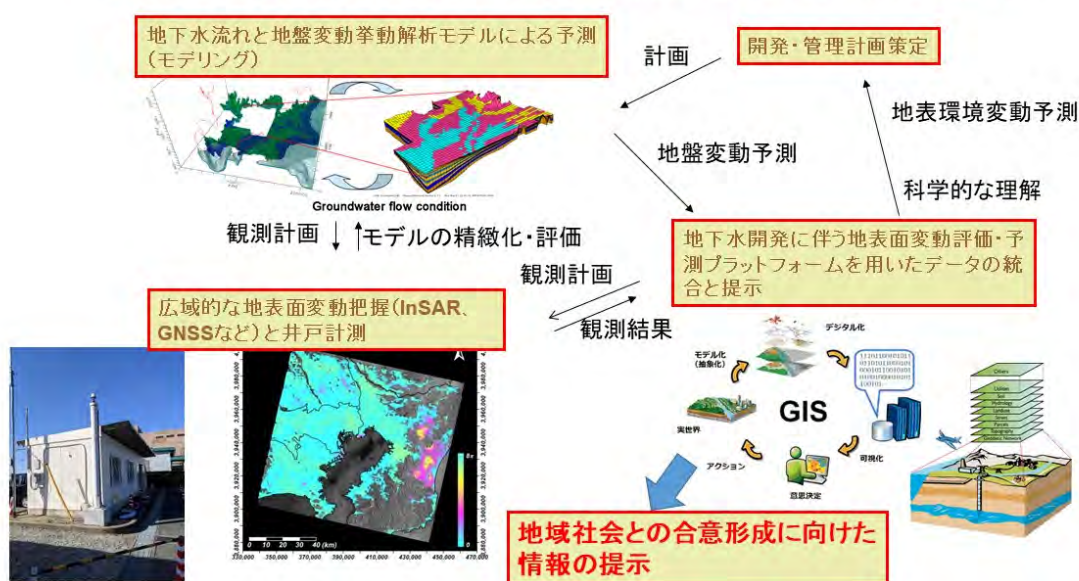


図-6 モニタリングとモデリングを連携させた地下環境の把握と情報共有のあり方の例(地下水開発を事例として)

ところで、最近のモニタリング技術の進展からは、多くの新しい理解が生まれてきている。以下に、その事例を示してみたい。前述のように、地下資源利用の主要なものの一つに地下水利用があげられる。地下水は、使いやすい地域の資源と位置づけられることもあり、その有効活用はこれまで多く行われてきた一方、地下水利用に伴う課題として地盤沈下も認識されてきた。これまで、地盤沈下に対する観測は年1回程度の水準測量で行われることが一般的であり、その結果に基づく管理がなされてきた。ところで、最近では、Global Navigation Satellite System (GNSS) (一般にはGPSと言われるもの)を用いた解析技術が高度化し、地盤鉛直変動に関しても高い分解能での観測が可能になってきている¹²⁾。この技術の導入は、これまで、年1回程度の時間分解能であったものが、時間方向に密な計測に変わるということを意味する。図-7は、茨城県古河市に位置するGNSS観測点「三和」の観測結果と栃木県下都賀郡野木町潤島に位置する水準点での観測結果の比較を示したものである。これら2点は、地盤沈下が進行しているとされる地点に位置しており、その距離は約6kmである。図-7からは、水準測量の結果からは、継続した地盤沈下がこの地域で起こってきたことが想起されるところではあるが、GNSS計測からは、地盤は、年周変動をしながら長期的には沈下傾向にあることが把握された¹²⁾。これは、地下水利用の周期性によって引き起こされる地盤の年周変動と長期的な沈下という少なくとも二つの現象を認識することの重要性、もしくは、新たにそのような現象が計測されたことの重要性、を示しており、継続したデータ取得の重要性に加え、新しい技術の導入を通じた理解の深化が今後ともありうることを意味するものである。

4 まとめ

本稿では、地下空間・地下環境を今後も高度に利用する社会において、私たちがどのようにこれまで地下空間を利用してきているのか、また、今後どのように利用していくことが想定されるのかについて整理をしたうえで、そのような活動を行っていくという観点から必要となる知識・情報として地下環境が持つ特徴について整理を試みた。そのうえで、地下という領域を扱う上で必要な観点として、「地表・地下・人工物からなるシステム」としての理解を進めることの意義と、その基盤情報としての地下地質・土質情報を社会で共有する

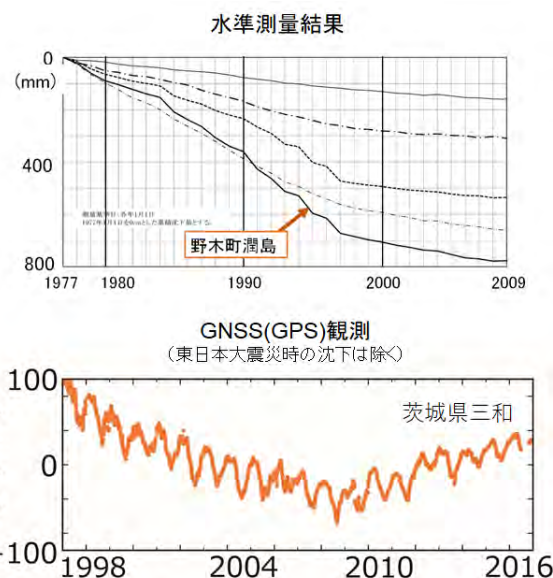


図-7 関東平野における水準測量による地盤変動観測(上)とGNSSによる地盤変動観測(下)の比較。水準測量結果は、栃木県地盤変動・地下水位調査報告書¹³⁾に加筆し、GNSS観測結果は¹²⁾に基づく

ことの重要性を述べた。ここでは、単にボーリングデータや物理探査等の地下情報の結果をデジタル化することだけではなく、地下環境が、自然のプロセスの結果構築された場であり、その場に対して人間活動が擾乱を与えているという観点から検討を行うことの重要性、そのような視点を持った検討を行うことができる地質調査業が社会を牽引することへの期待を述べた。デジタルトランスフォーメーション(DX)は、デジタルデータ、デジタル思考を導入することを通じた社会の変革を目指すものであり、デジタルデータ化とその共有は、極めて重要な第一歩である。それは、DXに向けた第一歩であり、そこにとどまるのではなく、「社会の変革」に向けて、地下地質・土質分野の専門家集団としての地質調査業の展開に期待をすることである。違う言い方をすれば、地下が持つ特徴とその理解の仕方、情報の扱い方に関する一日の長があることを活かし、さらには、デジタル世代の新しい視点と感性を融合した先にこそ、地下環境が関わる観点から見たDXの実現があるのではないだろうか。他分野との協働を積極的に行い、競争を恐れないという姿勢での分野融合にも期待をしたい。本稿の最後には、技術開発がもたらす理解の深化の事例を示し、継続した技術開発とその適用の重要性も述べた。

21世紀の地域デザインは、地表・地下・人工構造物・人の営みを統合した夢を語っていくことであり、地質調査業並びにその周辺の業界が社会を

支える意義は大きく、また、その責務も大きい。DXを目指す社会において、その基盤となるデータを生み出し、また、データセットを持ちうる立場から、社会を牽引するような業界としての地位を築かれることを願うところである。

本稿の内容につき、東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻 特任助教 伊藤有加氏に有意義なコメントをいただきました。記して御礼申し上げます。

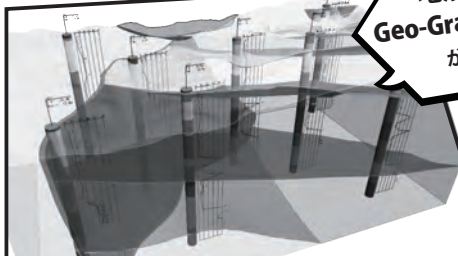
〈参考文献〉

- 1) 久慈剛史, 2011, 東日本大震災における久慈消防署の活動状況について. 消防防災の科学, 167, 7-10.
- 2) 例えば 高橋学・小出仁, 1993, 地震時における炭鉱内の震度について. 地質ニュース, 472, 24-39.
- 3) 例えば 鳥越皓之, 2012, 水と日本人. 岩波書店, 272pp.
- 4) 建設省北陸地方建設局, 1981, 散水融雪施設等設計要領. 220pp.
- 5) Hardin, G., 1968, The tragedy of the commons. Science, 162, 1243-1248.
- 6) 遠藤邦彦・石綿しげ子・堀伸三郎・中尾有利子, 2013, 東京低地と沖積層—軟弱地盤の形成と縄文海進—. 地学雑誌, 122, 968-991.
- 7) 関口春子・吉見雅行・堀川晴央・吉田邦一・鈴木晴彦・松山尚典・森野道夫・滝沢文教・劉瑛, 2009, 新潟堆積盆地 3次元地盤構造のモデル化. 活断層・古地震研究報告, 9, 175-259.
- 8) 例えば 倉澤徳男, 2001, 地下水位上昇に伴う構造物の浮上がり防止対策事例—東北新幹線上野地下駅・総武快速線東京地下駅—. 基礎工, 29 (11), 72-76.
- 9) British Geological Survey, 2016, Future of Cities -Development Underground-. 13pp.
- 10) 社会資本整備審議会・交通政策審議会, 2017, 地下空間の利活用に関する安全技術の確立について 答申. 16pp.
- 11) 一般財団法人 国土地盤情報センター, 2022, 3次元地質・土質モデルガイドブック. 80pp.
- 12) Shimada S., Aichi M., Harada T. and Tokunaga T., 2022, Time variations of the vertical component in some of Japanese GEONET GNSS sites. In: Freymueller, J. T. and Sanchez, L. (eds.), Beyond 100: The Next Century in Geodesy, International Association of Geodesy Symposia 152, 181-188. https://doi.org/10.1007/1345_2021_135.
- 13) 栃木県, 2010, 栃木県地盤変動・地下水位調査報告書 (平成21年度). 35pp.

地盤データの統合管理による
地質・設計業務のDXを実現

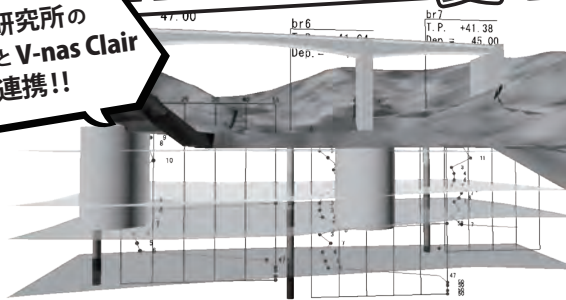
BIM/CIM
が変わる!!

地層科学研究所の
Geo-GraphiaとV-nas Clair
が今春連携!!



3次元地質モデリング・メッシュ生成ソフトウェア

Geo-Graphia® 3



3D地層モデリング
GEO_Kit (ジオキット)

ヴィーナスクレア

V-nasClair

地質の属性情報をもとに
各種設計におけるデータ
連携や数量計算を実現

クラウド上で複数のBIM/CIMモデルを統合表示!

オンライン電子納品

遠隔臨場

地図でデータ管理

調査業務に
最適

業務情報共有システム ベースページ

basepage



情報サービス
コンサルタント

KTS

Knowledge Technology Science

03-6367-5641

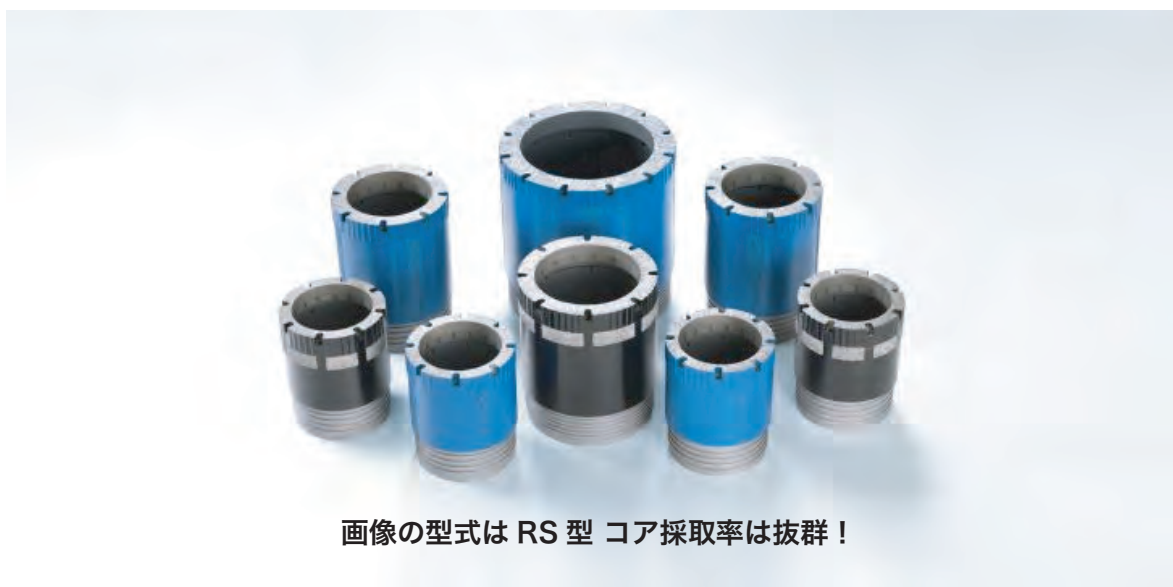
webmaster@kts.co.jp

川田テクノシステム株式会社

FINE ダイヤモンドビット

FINE ビットは

地質調査用器具販売 50年の経験から生まれたインプリダイヤモンドビットの優れ物です。
高品質のコア採取に是非お役立て下さい。



画像の型式は RS 型 コア採取率は抜群!

DRILL TOOLS
COREPACK CO.,LTD.
株式会社 コアパック

〒816-0921 福岡県大野城市仲畑 2-14-27

TEL092-572-0680 FAX092-501-7824

<https://www.corepack.co.jp>



全地連直属の保険代理店

株式会社ジオ・ビジネスサービス



◆ご相談・お見積・お問合せはコチラから！

HP URL: <https://zenchiren-geo.jp>

E-Mail: geo-info@zenchiren-geo.co.jp

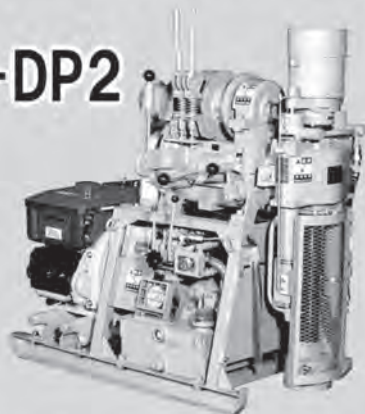


〒101-0047 東京都千代田区内神田 1-5-13
内神田 TKビル 3F

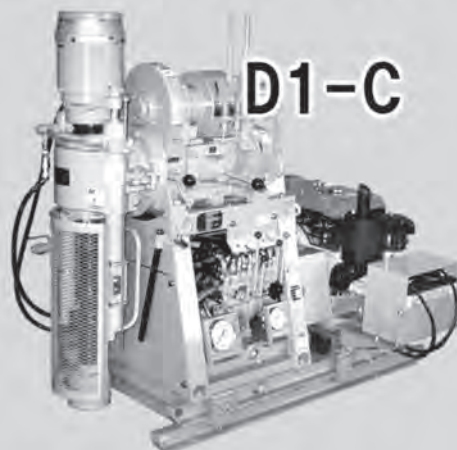
◆お電話からもご相談いただけます TEL: 03-3518-4900 FAX: 03-3518-4901

地盤調査に活躍する東邦の小型ボーリングマシン

D0-DP2



D1-C



小型試錐ポンプ（BG-3C・BG-4）を組み
削孔機とポンプを1台のエンジンで駆動することができます。

※ 削孔機の操作パネルは、右操作・左操作が有ります。



東邦地下工機株式会社

東京都品川区東品川 4-4-7 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
松 山 ☎ 089(953)2301
広 島 ☎ 082(533)7377
山 口 ☎ 083(973)0161
熊 本 ☎ 096(232)4763

扶桑工業は「安全デッキ」を提案します



昨年5月に厚生労働省より公表された「令和3年における労働災害発生状況」によると、建設業における労働災害の最多は前年に続き「墜落・転落」です。ヤグラに上がって作業する機会の多い地質調査業においても安全対策は強く求められるべきです。

FUSO 株式会社扶桑工業

東京支店 埼玉県さいたま市南区関 1-13-5 TEL 048-789-6317
 東北支店 宮城県仙台市宮城野区扇町 1-7-1 TEL 022-236-5101
 北陸支店 富山県高岡市中保 1204 TEL 0766-31-2620
 大阪支店 大阪府大東市曙町 6-41 TEL 072-874-6654
 静岡工場 静岡県藤枝市横内 800-30 TEL 054-644-2100

<http://www.kk-fuso.co.jp>



資源探査、環境調査、土木建設の基礎調査 機械メーカーが提案する次世代ボーリングマシン



油圧式小型ボーリングマシン
YBM-05DA-2
地質調査、
グラウトホール穿孔など



大型動的コーン
貫入試験機
CRS-12-2



動的コーン
貫入試験方法が
JISに制定
されました。
(JIS A1230)

地盤調査、液状化判定など
地盤工学会基準(JGS 1437-2014)
準拠

ワイヤーライン
工法の提案

次世代ボーリングマシン
YWL-30C

自走式、電子制御システム導入
管理装置を搭載し施工を管理
専用のソフトにデータを読み
らくらく帳票作成可能



YBM 株式会社 ワイビーエム

本 社 / 〒847-0031 佐賀県唐津市原1534 TEL (0955) 77-1121

東京支社 〒271-0092 千葉県松戸市松戸1307-1松戸ビル18階 TEL (047) 362-5151
 中部支店 〒468-0056 愛知県名古屋市中区島田1丁目1015 TEL (052) 804-3888
 関西支店 〒578-0964 大阪府東大阪市新庄西5-4 TEL (06) 4309-2921

東北営業所 〒981-3133 宮城県仙台市泉区泉中央3丁目27-3日泉ビル202号室 TEL (022) 343-1210
 インドネシア事務所 Room No. 343 3F. PPHUL, JL. HR. Rasuna Said Kav. C-22 Jakarta Selatan 12940 TEL (+62) 21-52921131

<https://www.ybm.jp/>



令和4年度「応用地形判読士資格検定試験」, 「地質リスク・エンジニア認定試験」の合格者の決定

全地連理事会は令和5年2月、応用地形判読士資格検定試験および地質リスク・エンジニア認定試験の合格者を決定しました。各試験の合格者数および合格者の資格登録手続き完了後の全有資格者数は次の通りです。

応用地形判読士：合格者数 12 名
地質リスク・エンジニア：合格者数 9 名

全地連「技術フォーラム2023」の開催について

毎年、多くの方々にご参加を頂いています全地連技術フォーラムにつきまして、2023年度は下記のとおり開催する予定です。

全地連「技術フォーラム2023」横浜 開催概要（予定）

- 主 催：一般社団法人全国地質調査業協会連合会
- 協 力：一般社団法人関東地質調査業協会
- 開催日程：令和5年9月6日（水）～7日（木） 2日間
- 開催場所：パシフィコ横浜 [会議センター] 横浜市西区みなとみらい 1-1-1
- 行事予定：
 - ・特別講演会
 - ・技術発表会
(一般セッション, オペレータセッション)
(（新設）地質リスクマネジメント事例研究セッション)
 - ・技術者交流懇親会
 - ・展示会

フォーラム当日の一般参加者募集（技術発表会の聴講参加，技術者交流懇親会の参加）につきましては、7月上旬以降に全地連ホームページでご案内する予定です。

全地連資格制度

令和5年度の検定試験および登録更新の実施概要について

全地連資格制度の検定試験および登録更新は、下記のとおり実施いたします。

■ 検定試験

(地質調査技士，地質情報管理士)

試験日：7月8日（土）

試験地：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）

願書受付：4月10日（月）～5月10日（水）

合格発表：9月8日（金）

その他：試験申込み，受験資格などに関する詳細は，全地連のホームページをご覧ください。

(地質リスク・エンジニア (GRE))

試験日：10月6日（金）

試験地：東京

願書受付：8月1日（火）～8月31日（木）

合格発表：令和6年3月1日（金）

その他：試験申込みに関する詳細は，全地連のホームページをご覧ください。

(応用地形判読士)

試験日：10月21日（土）

試験地：東京

願書受付：5月22日（月）～7月3日（月）

合格発表：令和6年2月26日（月）

■ 登録更新

(地質調査技士)

受講対象者：2018年度検定試験に合格し資格登録した方
2018年度登録更新の手続きを完了された方

申込日：9月8日（金）～10月10日（火）

更新方法：講習会受講形式またはCPD記録報告形式

その他：詳細は，申込み開始日になりましたら全地連のホームページでご案内いたします。

(地質情報管理士)

受講対象者：2020年度検定試験に合格し資格登録した方
2020年度登録更新の手続きを完了された方

申込日：12月1日（木）～令和6年1月15日（日）

更新方法：CPD記録報告形式

その他：詳細は，申込み開始日になりましたら全地連のホームページでご案内いたします。

(応用地形判読士)

受講対象者：2018年度検定試験に合格し資格登録した方
2018年度登録更新の手続きを完了された方

申込日：12月1日（木）～令和6年1月15日（日）

更新方法：CPD記録報告形式

その他：詳細は、申込み開始日になりましたら全地連のホームページでご案内いたします。

(地質リスク・エンジニア)

受講対象者：2018年度認定講習会を修了し資格登録した方

申込日：12月1日（金）～令和6年1月15日（月）

更新方法：業務実績等の報告形式

その他：詳細は、申込み開始日になりましたら全地連のホームページでご案内いたします。

講習会の開催情報（令和5年度）

令和5年度に実施予定の全地連主催講習会および関連講習会は、下記のとおりです。なお、今後新たな講習会の開催が決まりましたら、全地連のホームページでご案内いたします。

●「道路防災点検技術講習会」

主催：（一社）全国地質調査業協会連合会

後援：国立研究開発法人土木研究所

開催地・日程：東京（1）：6月23日（金） 大阪：9月15日（金） 名古屋：11月10日（金）
東京（2）：11月14日（火）

その他：全地連のホームページにて申込みを受け付け中です。

●その他**●（一財）全国建設研修センターとの共催の研修会**

・地質調査研修 5月10日（水）～5月12日（金） 集合＋ライブ形式

・土質設計計算（基礎講座） 5月29日（月）～6月4日（日） オンデマンド形式

・土質設計計算－構造物基礎設計の演習－ 9月5日（火）～9月8日（金） 集合＋ライブ形式

※開催内容や申し込みは、全国建設研修センターのホームページをご覧ください。

●関連研修団体 富士教育訓練センターの研修会

・地質調査技術者の入職時教育 6月12日（月）～6月16日（金） 集合形式

※開催内容や申し込みは、富士教育訓練センターのホームページをご覧ください。

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, 佐護 浩一, 谷川 正志, 細矢 卓志, 山田 茂治, 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 (本町クイーパービル)	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 F1 101)	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」 '23 年 1 号 No.161

2023 年 4 月 10 日 印刷
2023 年 4 月 20 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。

Hybrid表面波探査に先進のGeoSEIS

geo5

GeoSEIS-24、-48は、浅層反射法探査、屈折法探査、表面波探査に加え、テークアウトケーブルを用いて**最大48成分の微動アレイ探査にも適用可能な先進のサイスマグラフィフ**です。



GeoSEIS-24



GeoSEIS-48

- ☑ 微動アレイ探査時の連続収録時間は60分/2msecサンプリング時
- ☑ 微動アレイ探査時、全成分の波形(波動)をリアルタイムにLCD上で確認可能
- ☑ SDカードに収録されたデータはPC上で任意の時間長に分割後、SEG-2に変換
- ☑ 既にご使用のGeoSEISにファームウェアの追加で微動アレイ探査機能を付加可能
- ☑ リアルタイム感覚の高速応答性を実現した快適なノイズモニター
- ☑ 直射日光下でも鮮明な超高輝度カラーLCDを採用
- ☑ 24bit、50KHz(20μsec)の高速・高分解能AD変換機能を搭載
- ☑ 消費電流は僅か0.6A(スタンバイ時)、1.3A(収録時)、かつ小型軽量(4.3Kg)

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

■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



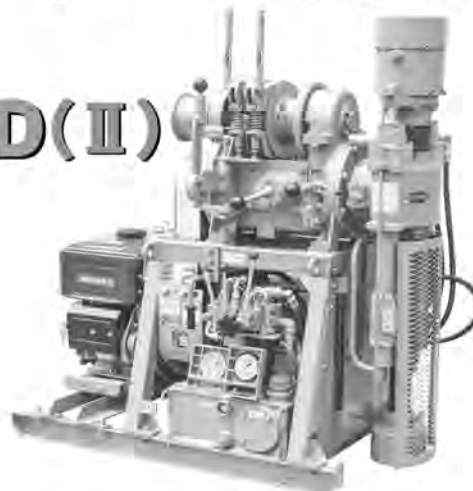
TOHO 小型ボーリングマシン

DRILLING EQUIPMENT

DM-03

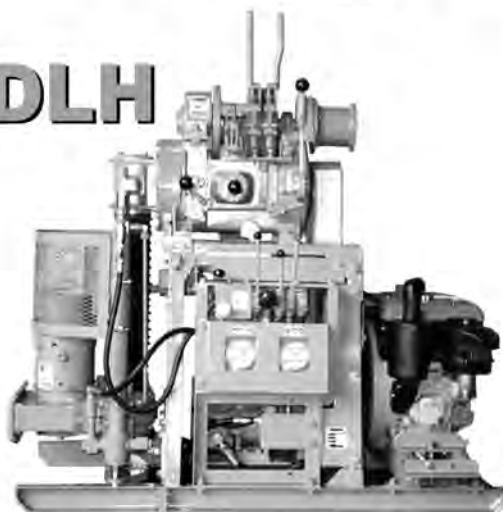


D0-D(Ⅱ)



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 ⁻¹	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
 熊本 096(232)4763

地質調査

通巻161号