

IAEG Bulletin紹介 (25)

海外論文から読み解く日本と海外での地質調査の相違

国際委員会 国際委員
百瀬 泰

1. はじめに

筆者は、アジアやアフリカ諸国で本邦の政府開発援助プロジェクトに係わる事が多く、そこで日々格闘しているところである。そのような現場で求められる技術は、最先端とは言い難く、もっと泥臭く基礎的なところである。日本であれば、仕事の前提に過ぎないものとして片づけられ、あえて上げる必要もないことが悩みとなり、どちらかと言えば事業全体を見通す広範囲に及ぶ技術力が求められ、現場に即した応用力が試される機会が多い。例えば、地質調査一つとっても、通常ボーリングコアの採取率は極めて悪いため、地質断面図作成にはかなりの想像力が必要となり、原位置試験は仕様書通りに実施されたものかどうか常に不安が付きまとい、データの読み取り単位が誤っていることも多々あり、室内試験で導かれた値よりも、現地で実際にサンプルを触ったり叩いたりした時の感覚の方が、より現実に近いこともある。さらに地質調査には、その土地の慣習の違いやコミュニケーションの困難さも追加される。このように、国内との仕事上での違いに起因する困難さが数多く見いだされる一方、海外での地質調査では、数十年前の日本での出来事を追体験しているような感覚を味わっている。

本稿では、筆者が長年関わっているインドネシアの現状を紹介するとともに、地質調査技術の向上に資するIAEG Bulletinの活用について筆者の考えを披露したい。

2. インドネシアでの地質調査

現在、地質調査業務に携わっているインドネシアは、熱帯に位置する13,466の島嶼からなり、4000mを超える山地を有する。総人口は世界第四位の約2.77億人(2022年推計)で、若年人口が多く(55歳以下は83.2%:2020年)、近年GDPの成長率は約5%で推移している(データ参考: The World Factbook, Indonesia¹⁾)。今後、数多くのダム・道路・鉄道等の社会資本整備が必要とされ、地質技術者の活躍の場も多い。そうした環境の中で仕事をしていると、社会全体から活気があふれているのが肌で感じられる。地質調査

自体は、1) 既存地質資料収集、2) 調査計画立案、3) 調査実施、4) 結果の検収・解析、5) レポート作成の流れで実施されるため、場所が変わっても同様であるが、日本より調査自体の必要性が問われ、実施のスピード感が求められる。また、地質上の判断一つが、プロジェクトの合理性や経済性評価に大きな影響を与えるため、“Geologist”の社会的評価は高い。地質調査は、国や地域、現場ごとに特色があるため、一概に述べることはできないが、筆者のインドネシアでの地質調査の経験から、各調査段階における留意点をまとめると表-1のようになる。

3. IAEG Bulletin論文との対話

近年、実際の業務の中で、海外技術者の育成や、日本国内外で働けるハイブリット人材の養成を求められることが多い。特に、海外での地質調査は、如何にGeologistが有能であっても、地質調査を一人で行うことは出来ず、当該国の地質技術者との共同作業が、調査結果の成否を担っているといっても過言ではない。しかしながら、地質技術者の能力は様々で、定型化した作業を任せることは可能でも、経験が少ない技術者にとっては、現場に応じたアレンジが要求される調査計画や、既存資料と比較しながら調査結果の妥当性評価や解釈は難しいようである。現場の経験に勝るものは無いが、こうした地質調査の技術は、日本を初め先進諸国では、既に多くの社会資本の建設を通して経験が蓄積され論文となっており、大いに参考となる。本稿の執筆に当たり、Abstract閲覧サイト⁴⁾にて、IAEG Bulletin論文を、いくつかの地質調査に関連するキーワードで検索してみた。特に、筆者の経験上、これまで正確な地質踏査結果に巡り合ったことが無いこともあって、何かしらの解決策を得たい願望から、“engineering geological mapping, modeling”, “drilling core observation”, “education”, “education, developing country”で検索をした結果、それぞれ1220件、347件、448件、76件ヒットした。残念ながら、海外地質技術者の育成を題材とした論文は無かったが、地質調査の方法論や調査技術の紹介として、興味深い各2~3の論文が見つかり、その概要を表-2にまとめてみた。

表-1 地質調査の流れ（インドネシアでの地質調査を例として）

No	調査の段階	留意すべき点など（筆者個人の感想含むので、必ずしも正確ではない可能性はある）
1	既存資料収集	インドネシアの地質は、Bemmelen ²⁾ の非常に優れた先駆的調査がある。また、ほぼ全国を網羅する1:50,000の地形図があり、1:100,000~1:250,000地質図はバンドン市に所在する Geological Agency から購入が可能である。近年では、GIS シェープファイルをダウンロードできるサイトが増え、衛星写真データも利用できるようになった。
2	調査計画立案	ボーリング、物理探査、各種室内試験等を計画する場合、試験方法は ASTM 規格に準拠することが多い。また、標準貫入試験やルジオンテストは、試験方法や機材、また解析方法が日本とは微妙に異なることがあり、現場に応じた調整が必要となる。地質調査はインドネシア業者に発注するため、仕様書を含めた契約書作成、業者選定作業を行う。
3	調査の実施	経費削減の必要もあって、近年では実施期間中を通して、現地に滞在することができないため、本邦から、email や SNS を使って、現場と連絡を取り合い、現場管理を行うことが多い。ボーリング地点が山奥であっても、機材は分解するなどして人力で搬入される。このため、搬入や撤去時間は日本より短い。トンネルの調査等では、弾性波探査を実施したいが、火薬使用の承認に非常に時間が掛かるため、ボーリングの本数を増やすか、比較的浅い箇所を対象として、スタッキング法で実施することが多い。
4	調査結果の検収・解析	地質踏査結果は露頭の再確認を行い、ボーリング実施位置には、PVC パイプ設置を指示して、深度や位置を確認する必要がある。強風化部や破砕帯ではコア採取率が低く、標準貫入試験サンプルしか観察できないこともあった。
5	報告書作成	地質調査が予定通り終わることは希なので、レポート作成に充てられる時間は非常に短い。
6	その他	インドネシアでは、国家規格 (Standar Nasional Indonesia: SNI) の策定が進められている。この SNI は製品規格にとどまらず、サービスや管理システム、プロセス、人員、技能、試験方法、デザイン等の標準化等を包括的な規格であり、インドネシア国家標準化庁 (Badan Standardisasi Nasional: BSN) のホームページにて、逐次更新・公開されている。SNI を取得した製品は 2020 年 1 月時点で、5,754 件以上に及ぶ ³⁾ 。今後、インドネシアでの業務は SNI 規格の準拠を、より強く要求されるように移行すると思われる。

表-2 IAEG Bulletin論文検索結果と概要

キーワード：“engineering geological mapping, modeling”

番号	論文	概要
1	Geomorphology in engineering geological mapping and modelling ⁵⁾ .	地形調査 (Geomorphic assessment) の重要性。地質調査やモデルを構築する上で、筆者の経験をもとに 4 地点のケーススタディを基に、調査方法を議論したもの。比較的基礎的な内容。
2	Rock and soil description and classification for engineering geological mapping report by the IAEG Commission on Engineering Geological Mapping ⁶⁾ .	地質踏査の方法、土や岩の記載方法、土質および岩盤分類基準の解説。

キーワード：“drilling core observation”

番号	論文	概要
3	Prediction of fracture frequency and RQD for the fractured rock mass using drilling logging data ⁷⁾ .	開口亀裂や破砕帯を評価するために、Rock Quality Designation (RQD) と削岩機の比エネルギー (Specific energy) を議論。
4	Modifications to the GSI for granite in drilling ⁸⁾ .	岩盤評価には Geological Strength Index (GSI) を用いられることが多いが、コアサンプルから直接求めることは難しい。花崗岩における GIS のパラメータとして 1) Rock mineral condition, 2) Rock core length の利用を提案。
5	Mechanism of core discing in the relaxation zone around an underground opening under high in situ stresses ⁹⁾ .	導水トンネルの地下深部における、トンネルの応力開放による円盤状コアの形成の原因として、Structural arch model を提案。

キーワード：“education”

番号	論文	概要
6	On education in engineering geology in the Federal Republic of Germany ¹⁰⁾ .	西ドイツ時代 1970 年~1975 年に実施された応用地質の授業やトレーニング。
7	Observations of geological engineering education in Canada ¹¹⁾ .	カナダにおける応用地質に関連した大学卒業生に対して行ったアンケート調査から、土、水、岩への興味が導き出された。カナダにおける教育内容 (シラバス) への提言。

キーワード：“education” and “developing country”

番号	論文	概要
8	The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for engineering geology applications ¹²⁾ .	無人航空機 (UAV) の応用地質利用の可能性。IAEG C35 Commission “Monitoring methods and approaches in engineering geology applications” のワークグループ報告から。
9	The role of engineering and environmental geology in the reconstruction and development programme for South Africa ¹³⁾ .	アパルトヘイト等の人権問題解決のため、安全な飲料水確保や衛生環境整備、安全な居住や資源開発といった教育に貢献。
10	Rock tensile strength prediction using empirical and soft computing approaches ¹⁴⁾ .	マレーシアのトンネル地質調査において、シュミットハンマーテスト、乾燥密度、点載荷試験、ブラジリアン引張強度等のインデックスを用い、岩盤の破壊強度の推定。

4. ま と め

論文のトピックは、時代に沿って移り変わっている。創刊された70年代～80年代初頭までは、地質調査における基準の整備の段階があり、80年代後半からはリモートセンシングの利用、最近ではAIの利用や各地の特殊事情に沿ったものに変化している。また、近年の論文投稿では、大型プロジェクトが進行中の中国が多くを占めており、技術論文数が国の活力を示すように感じられた。残念ながら、インドネシアや日本からの投稿は、現在進行中のプロジェクト数や地質技術者数を考慮すると、圧倒的に少ない。しかしながら、本稿でも扱ったように、日本では何気なく使われている技術であっても、これから社会資本を整備していく途上の国においては貴重であり、また、そこで使用されている技術は、これまで数多くの失敗を通して獲得された貴重な財産である。論文投稿には、英語（もしくは仏語）での記述が必要となることや、筆者のように現業で追われている者が多いことも、ハードルが高いことの要因かもしれないが、単に、論文をキーワード検索するだけでも、その雰囲気に触れることは可能である。読者の今後の積極的な投稿を期待して、本稿のまとめとしたい。

引用文献

- 1) <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/indonesia/>, (2022年4月27日閲覧).
- 2) Van Bemmelen, R.W. (1949) : The Geology of Indonesia, V.F.A. Government Printing Office, The Hague, 732 p.
- 3) JETRO (2022) : インドネシア国家規格 (SNI) に関する情報, <https://www.jetro.go.jp/world/asia/idn/sni/>, (2022年4月27日閲覧).
- 4) <https://www.springer.com/journal/10064>, (2022年4月27日閲覧).
- 5) Hearn, G. (2019) : Geomorphology in engineering geological mapping and modelling. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 78, pp. 723-742.
- 6) Matula, M. (1981) : Rock and soil description and classification for engineering geological mapping report by the IAEG Commission on Engineering Geological Mapping. *Bulletin of the International Association of Engineering*

- Geology 24, pp. 235-274.
- 7) He, M., Zhang, Z. and Li, N. (2021) : Prediction of fracture frequency and RQD for the fractured rock mass using drilling logging data. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 80, pp. 4547-4557.
- 8) Lin, D., Sun, Y., Zhang, W., Yuan, R., He W. and Wang, B. and Shang, Y. (2014) : Modifications to the GSI for granite in drilling. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 73, pp. 1245-1258.
- 9) An, L., Jin, C., Liu, D. and Ding, C. (2018) : Mechanism of core discing in the relaxation zone around an underground opening under high in situ stresses. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 77, pp. 1179-1189.
- 10) Heitfeld, K.H. and Krapp, L. (1975) : On education in engineering geology in the Federal Republic of Germany. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 14, pp. 113-116.
- 11) Hutchinson, D. (2001) : Observations of geological engineering education in Canada. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 60, pp. 337-344.
- 12) Giordan, D., Adams, M.S., Aicardi, I., Alicandro, M., Allasia, P., Baldo, M., Berardinis, P.D., Dominici, D., Godone, D., Hobbs, P., Lechner, V., Niedzielski, T., Piras, M., Rotilio, M., Salvini, R., Segor, V., Sotier, B. and Troilo, F. (2020) : The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for engineering geology applications. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 79, pp. 3437-3481.
- 13) Van Rooy, J.L. (1986) : The role of engineering and environmental geology in the reconstruction and development programme for South Africa. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 53, pp. 115-120.
- 14) Mahdiyari, A., Armaghani, D.J., Marto, A., Nilashi, M. and Ismail, S. (2019) : Rock tensile strength prediction using empirical and soft computing approaches. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 78, pp. 4519-4531.

国際委員会からのお知らせ

IAEG Bulletinは、国際会員になれば購読することができます (年会費：4,500円)。

国際会員の入会案内

<https://jseg.or.jp/02-committee/international.html>

なお、IAEG BulletinのAbstractは、下記URLよりどなたでも閲覧できます。

IAEG Bulletin Abstract閲覧

<https://www.springer.com/journal/10064>