

# 地質調査

'07 第3号

〔小特集〕技術の伝承

編集／社団法人全国地質調査業協会連合会



発行 土木春秋社

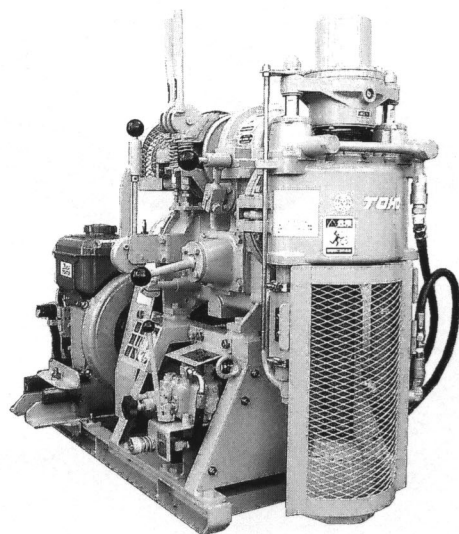




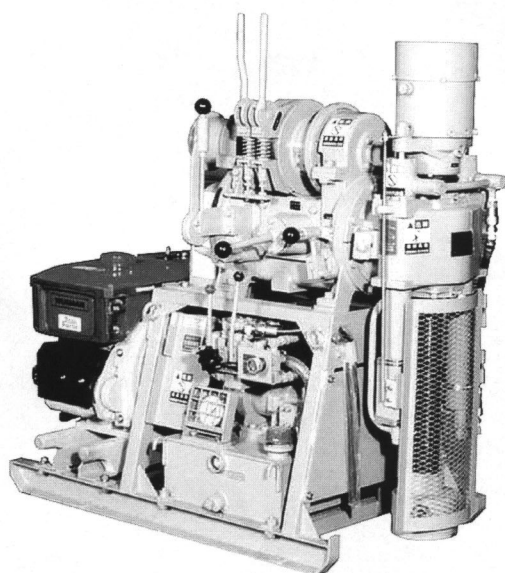
**TOHO**  
DRILLING EQUIPMENT

# 小型ボーリングマシン

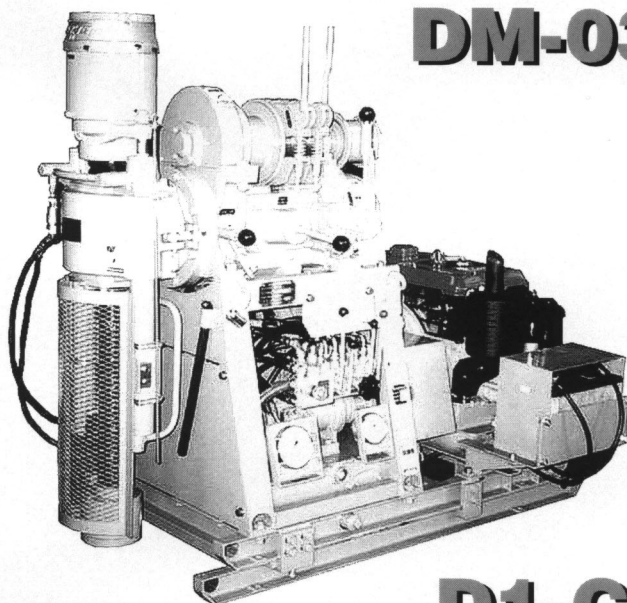
- ニーズに合わせて、ホイストドラムを取外し  
コーンプリータイプに変更することができます。
- ブーリの交換で地質にあったスピンドル回転数  
が選択できます。
- 試錐ポンプが内蔵でき、しかも原動機は1台で  
済みます。



**DM-03**



**D0-D**



**D1-C**

仕 様

右操作・左操作をご用意致しております。

機 種 名		DM-03	D0-D	D1-C
穿孔能力	m	30	100	280
スピンドル回転数	rpm	65、125、370	(A) 60、170、330 (B) 110、320、625	(A) 65、130、250、370 ※2 (B) 90、170、320、490
スピンドル内径	mm	47	43	48 ※2 58
スピンドルストローク	mm	300	400	500
ホイスト巻揚げ能力	KN (kgf) 400	3.9 (400)	5.9 (600)	10.8 (1,100)
フレームスライド	mm		※1 油圧式 300	油圧式 300
動 力	kW/HP	3.7/5	3.7/5	5.5/8
質 量	kg	180(本体)	315(本体)	550(本体)
寸 法 H×W×L	mm	960×500×1,115	1,200×660×1,180	1,390×735×1,580

※1 オプション

※2 スピンドル内径58の場合

**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.com>

福 岡 〆 092 (581) 3031  
 札 幌 〆 011 (785) 6651  
 仙 台 〆 022 (235) 0821  
 新 潟 〆 025 (284) 5164  
 名 古 屋 〆 052 (798) 6667  
 大 阪 〆 0729 (24) 5022

松 山 〆 089 (953) 2301  
 広 島 〆 082 (291) 2777  
 山 口 〆 083 (973) 0161  
 北九州 〆 093 (331) 1461  
 熊 本 〆 096 (232) 4763



巻頭言	青年には夢を、子どもらには自然を	地質情報整備・活用機構会長 岩松 暉	1
小特集	技術の伝承		
	総論 国土学と技術伝承	大石久和	2
	■建設関連業における技術継承問題への取組み■		
	地質調査業の取組み	藤城泰行	4
	測量技術の進展と今後の測量業界が求めるもの	間仁田勝	8
	建設コンサルタンツ協会の取組み	永冶泰司	14
	■地質調査業における技術の伝承■		
	地表地質踏査技術の伝承	横山俊治	19
		高橋 亨	
	土木建設分野の物理探査技術の発展と技術の伝承	本荘静光	23
		鈴木敬一	
	温故知新～ボーリング技術の伝承～	西江俊作	28
		山口弘志	
	ボーリング・サンプリング技術の伝え方について	酒井運雄	30
	サウンディング調査における技術の伝承		
	～サンプリング調査と比較して～	渡部要一	33
	■企業における技術の伝承■		
	技術の伝承—個人から組織へ—	長瀬雅美	37
	技術の継承で2007年問題を解決する	林 宏典	41
	～3つのアプローチと先進企業での実践事例～		
各地の博物館巡り	滋賀県立 琵琶湖博物館	奥田博之	48
車窓から見る地形・地質	国府津—松田断層と足柄平野	向山 栄	50
大地の恵み	沖縄の土壌と農業の関係について	照屋 優	52
私の経験した現場	記憶に残った現場業務	小松洋之	54
	水文調査におけるクレーム対処事例	渡邊 聡	56
	関西における大型プロジェクトの事例	笹尾昌靖	58
会 告	地質調査技士資格検定試験 361名が合格		63
	—第42回地質調査技士資格検定試験		
	登録更新講習会 9月25日受付開始		68
	—全地連地質調査技士資格登録更新		
	地質情報管理士資格検定試験 受験願書受付開始		68
	平成19年度第1四半期は前年比98.4%		69
	—全地連受注動向調査		



小特集 谷埋め盛土の耐震化

盛土地盤の耐震性向上の考え方

宅地造成法等規制法等一部改正について

盛土地盤の被害例

盛土地盤の地質調査と地震時安定性評価

自治体の取組み

耐震強化の設計・施工

○宅地地盤の耐震強化

○盛土のり面の耐震強化

○宅地基礎地盤の耐震強化

○道路盛土における耐震化

やさしい知識 宅地耐震化推進事業

教養読本 事業継続計画

各地の博物館巡り

車窓から見る地形・地質

大地の恵み







## 総論 国土学と技術伝承

おお いし ひさ かず  
大石 久和\*

日本人は日々の暮らしを向上させるために、過去営々として国土に働きかけてきた。その結果、暮らしを支える国土がつくられ、私達はその恩恵に浴している。この国土を環境、効率、安全の面で良くするも悪くするも私達の国土への働きかけ次第である。しかし、私達には私達の先輩が2000年以上にわたって築いてきたこの国土を次の世代に引き継ぐ責任があることを忘れてはならない。

土木工学はこの自然の営みの中で人間の存在領域を確保するための学問体系であり、その中で公共事業は大きな役割を果たしてきた。しかしながら、最近では、公共事業の削減だけが大きく取り上げられている。先日もある新聞の社説に「公共事業-3%が前提」という記事が掲載された。諸外国並みに公共事業費を削減しなくては国の再建は無く、内閣の姿勢も問われるという論調で、事業費を下げてコスト削減をすることで-3%を吸収できるという内容である。これらの議論はあくまで単年度での国家予算の中での話であり、公共事業費が小さくなければならないことを前提にしている。国民がより安全で安心に暮らせることが前提であると言うならば、異なる論調になるはずである。この議論の中には、地質条件が欧州とは異なることや、社会資本のストック量も異なることなどが全く考慮されていない。日本は、変動帯に位置するために脆弱な地質条件である上に、地震や台風などの自然災害の多さは欧州とは比べようもない。必然的に必要とされる構造物比率も高くなり、建設コストも嵩む。ちなみに100 km/h以上の速度で走行できる高速道路の単位面積あたりの延長は、EU主要国と日本では5倍以上もの開きがある。このことは日本人就業者の長時間労働の一因ともなっている。一人あたりのGDPは米国の7割程度であり、労働生産性は欧米並みになっていないのが現状である。

道路や水道といった「装置」としてのインフラとそれを機能させるための「制度」としてのインフラを考えた時、高度経済成長期時代に多くの「装置」としてのインフラは整備されたが、それを性能的に更新していかなければならないし、時代にあった新たなものを付加していかなければならない。そして、それが諸外国と比べて十分な水準にあ

るか検討する必要がある。国土に対する働きかけについて、国際的な我が国の地位を見てみよう。

我が国の近代港湾整備はアジアの中でどこの国よりも早く始まった。しかしながら、港湾物流がコンテナ化し、しかもコンテナ船が大型化する中で大型コンテナ船は日本に寄港しなくなっている。日本が近代的なコンテナ港湾への脱却に時間を要している間に、この20年間で韓国、中国、台湾、シンガポール、香港といったアジアの国々では、長距離、大量の物流を受ける港湾整備を本格化させた。コンテナの取扱量は1980年には神戸港が世界4位、韓国釜山は16位であったが、2005年には釜山は5位なのに、神戸はなんと36位となった。

空港についても成田空港では4000 mと整備滑走路2180 mの2本を有しているが、韓国の仁川、中国の上海、マレーシアのクアラルンプールでは、複数の4000 m級の滑走路が、すでに建設されている。

このように日本での「装置」としてのインフラはすでに整備され、「制度」のみのインフラを考えれば良いと言う考えはあまりに早計である。この15年間の経済成長を見ても、日本はほとんど経済成長していないが、米国はこの間で2.5倍も成長している。税収で見ても日本が税収を減らしているのに対して、米国は1.7倍も税収を増やしているのである。国土をもう一度よく見直して、国際的な視野で安全・安心で効率的な国土を作っていかなければならない。先祖から引き継いだものをより良くして次世代に引き継ぐのは私達の義務である。我が国土を寸分たりとも、放棄するわけにはいかないのである。その中で自然災害の軽減は公共事業の大きな目標の一つであるが、自然災害は一度ですべてを教えてくれない。伊勢湾台風(1954)、新潟地震(1964)では、それぞれ、高潮、砂の液状化現象が新たな課題として突きつけられた。私達の先輩はその度に学びながら、技術を発展させてきた。技術は現場が無くなると継承されないことを肝に銘じて、今後も国土に働きかけて行く必要がある。

私達は20世紀に国土を一体に使うことに成功した。本州-九州、本州-四国、本州-北海道が、海底トンネルや長大橋梁で結ばれたのである。しかしながら、東京湾を環状に使うネットワークの完成には成功していない。サンフ

\* (財)国土技術研究センター理事長



ランシスコのベイエリアの完成度には及ばないのが現状である。しかし、日本経済を牽引する機関車になるべきところを強化して発展させることは次の世代に対する責務であり、三大都市圏の環状道路ネットワークはなんとしても完成させなくてはならない。社会資本（インフラ）は、教育や科学技術と並んで次の世代に直接、贈り物が出来る数少ない未来産業の一つである。徳川家康の利根川改修の恩恵を私達は今、受けている。昭和2年に日本で最初の地下鉄が上野―浅草間（現在の銀座線）で開業されたが、その後を引き継いだ東京メトロの総延長は180 kmを超えている。しかも初乗りは日本の地下鉄で最も安い160円である。過去の公共事業の恩恵を私達は今、受けているのである。過去の贈り物を受けているのに、今、私達は将来への贈り物を小さくすることを平然として受け入れてしまっているのではないだろうか。「失われた10年」ではなく「思考を失った10年」と言った方が良いかもしれない。

一方、アメリカでは1980年代に、建設から50年を経た橋の損傷事故が相次いだ。この背景には1970年代の高失業率のもとでのインフレというスタグフレーションに対処するため、インフレ抑制と福祉政策のために公共事業費が削減された経緯がある。1980年代の社会資本の老朽化による影響は「荒廃するアメリカ（America in Ruins）」と呼ばれ、大きな社会問題になった。日本でも、1997年に首都高速道路の鋼製橋脚の隅角部に疲労が原因と考えられる亀裂損傷が発見され、全数点検をして補修工事を実施している。トンネルでも漏水等でコンクリート表面が劣化し、剝離したり、ひび割れが多数生じたりする事例が報告されるようになってきている。日本でも高度成長時代に建設されたストックは、やがて50年を経過する。アメリカはその反省から、近年、急速に公共事業費を拡大し、特に道路などの交通基盤の整備に力を入れ、21世紀にふさわしい効率的な交通を実現するためのネットワークづくりに注力している。我が国の一般公共事業費は1998年の14兆円をピークに、2006年に7.2兆円という水準にまで下がった。アメリカの轍を踏まないためにも、必要な予算を確保し、日常の維持補修を必要なタイミングで、必要な質と量で行うことが何よりも優先されるべきである。荒廃するアメリカの入り口にあ

る今、厳しい財政状況にあつて「予防・点検・モニタリング」において、「高度な技術開発」が求められている。例えば、交通を止めないで、一晩で橋梁1スパンを付け替えたり、維持補修では非破壊で危険箇所を見つけ出す画期的な検査手法の開発など、この分野で日本発の世界的技術を生み出してほしい。最近、インフラのインテリジェント化の概念を多くの人に話している。IT技術を使って、被災にあった後の損傷具合を構造物自らが語るというようなことも遠い夢の話ではなくなってきた。

土木学会でも土木改名論などが議論された時期もあったが、土木技術がもっと魅力的、もっと戦略的、もっと学際的になれば研究領域（社会的領域）として、もっと存在が認知されるように思う。土木の領域を限定的なものとして捉え、狭い世界に閉じこもってはいないか、一度、考えて見る必要がある。「技術の伝承」の根底には、専門領域に捉われないで、対象を常に俯瞰的に見ることが出来る「人材の育成」の側面がある。合意形成などの社会学的な領域や経済学など多くの領域を取り込んで、土木を魅力ある分野にして行く努力が必要である。これは土木に限らず、地質の分野にも言えることだと思う。そして、「技術の伝承」の大きな目的は、国土への働きかけという「日本人の心の伝承」にほかならないことも忘れないでほしい。

国土への働きかけとして、国土の歴史的形成（時間軸）と国土の国際比較（空間軸）の両方の視点で述べてきた。この15年間に日本経済が足踏みしている間に、アメリカやEUはいうに及ばずアジアに目を向ければ韓国、中国等のアジア諸国は、社会資本整備の目標をしっかりと持って国土に働きかけている。国土への働きかけによって恵みを受けるには、時間軸として、「現在の国土」をどう引き継ぎ、どう改善して、次の世代に渡すのか、そして、空間軸として、世界との関係の中で「国土」をどのように活用し、国際競争力をどのように維持・発展させていくかをしっかりと考えることが重要である。

地質分野をさらに魅力あるものにするために、地質業として、今後、どの様に国土に働きかけるか、今回の特集が皆さんで考えるきっかけになることを願っている。



■建設関連業における技術継承問題への取組み■

## 地質調査業の取組み

ふじ しろ やす ゆき  
藤 城 泰 行\*

### 1. はじめに

団塊の世代が多くの企業や官公庁の定年である60歳となり、数年前から、いわゆる2007年問題、大量退職の時代が大きく叫ばれています。仕事のノウハウが伝承されないことは、技術・技能の世界だけでなく、あらゆる分野で問題になってきました。定年は必ずしも60歳とは限らず、改正高齢者法の施行で定年後の継続雇用も一般化しつつあり、今のところ深刻な状況にはなっていないようですが、これからじわじわと問題になると考えられます。

地質調査業界も例外ではなく、「技術・技能の伝承」（本稿で対象を幅広く考える場合は「継承」とします）が大きな課題となっています。地質調査事業量の減少に伴い多くの人材が退出し、技術の継承が難しくなっている企業も少なくありません。また、地質調査業は設計を主とする建設コンサルタントと違い、現場での技術の伝承も、大きな課題になっています。

ここでは、地質調査業の取組みの一端として社団法人全国地質調査業協会連合会（全地連）における技術継承の考え方や取組みについて述べることにします。

### 2. 地質調査業にとっての技術継承の必要性

地質調査業界で、「技術の伝承」が問題となっていたのは、現場の技術者・技能者で、団塊の世代の退職以前から後継者不足が深刻になっています。地質調査事業量がピーク時の半分以下に低減しているにもかかわらず、大災害時にはボーリング機械の不足が叫ばれました。実際は機械の不足というよりフォアマンの不足です。現場技能者の高齢化・後継者不足は団塊の世代の退職に先んじています。さらに地質調査事業量の低減に伴う発注条件の悪化がこれに追い打ちをかけています。外注・再委託の増加に伴う内業と現場の分離による技術の空洞化、即戦力重視、すなわち技術の継承軽視の傾向が懸念される中での団塊の世代の大量退職問題は、地質調査データや成果の精度、品質の低下、コスト上昇等の恐れを生じさせています。

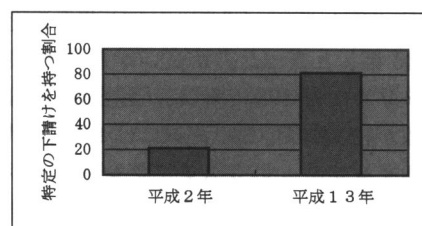


図1 地質調査再委託化の動向

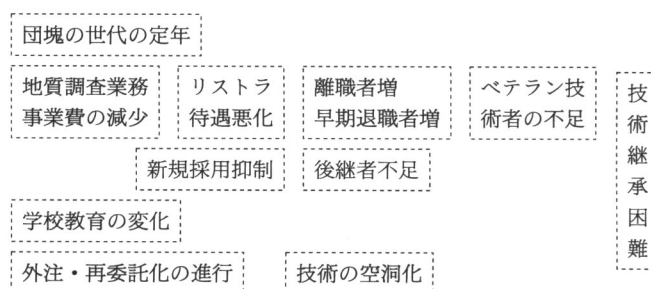


図2 地質調査業の技術継承問題

図1に全地連のアンケートによる特定の下請けを持つ外注・再委託とした企業の割合の変化を示します。

これに企業収益の悪化に伴う技術者等育成コストの削減が加わり、「技術水準の低下」「技能の継承手段の喪失」「ノウハウの喪失」等が生じ、地質調査成果の品質低下をもたらすという企業にとってマイナスの影響が懸念されています。

今までは、現場技術者の問題が大きかったわけですが、団塊の世代の大量離職による内業技術者の「技術の継承」も問題になりつつあります。個別企業でみれば技術者を外部から導入することも可能ですが、業全体、社会全体としての技術・技能水準の確保・底上げができなければ、いずれその技術は継承されません。

地質調査業界だけの問題ではありませんが、若手の離職問題は25～34歳の離職が過去最高（総務省統計局「労働力調査特別調査」）となり、大きな社会問題になっています。若手社員がモチベーションを下げる構造要因（「部下無し」期間の長期化、業務負荷の増大、ITの普及→指導経験の不足、指導時間の不足、直接対話の減少→職場での孤独感、不十分な指導への不満、上司との信頼関係の不在、キャリア形成の不安→モチベーションの低下）等まさしく地質調

\* 社団法人全国地質調査業協会連合会 専務理事



査業界の課題でもあり、若年技術者の退職はしばしば耳にするところです。

### 3. 地質調査業にとっての技術の伝承の課題

#### (1) 地質調査業にとって継承すべき技術の特質

技術の継承を考える上で地質調査技術の特質として現場での技術と技能の問題があります。地質調査業にあつては、技術者と技能者が一体となった共同作業が必要で、技術の内容を単純には分離できないところがあり、両者相まっての技術・技能の継承が重要です。全地連では、地質調査業務を「ハード・ソフト一体型業務」と称しています。

地質調査業にとって「技術の継承」は、技能者の現場技術の継承から、技術者の技術・ノウハウの継承、フィールドワークや現場の管理技術、地盤解析、設計と言った内業にまで広がります。

地質調査業務（ハード・ソフト一体型業務）

調査業務（主に現場業務）ボーリング、サンプリング、サウンディング、原位置試験、土質試験等
物理探査（弾性波探査・トモグラフィ、地中レーダー探査、物理検層等）、水文調査、地すべり計測調査、ボアホールスキャナー観測等
地表地質踏査、空中写真判読、トレンチ調査、調査計画立案、調査結果の評価・考察・判断、解析、総合検討、報文執筆等
コンサルティング業務（主に内業）

図3 地質調査業務の内容

#### (2) 地質調査技術の継承の担い手

技術の継承は誰の責任で行われるべきかを考えると、個人が自らの責任で、勉強や経験から基礎的な技術・技能、知識を習得した上に企業の責任で、技術の継承が行われることとなります。

地質調査技術の継承に関して最大の課題は「技術を継承」すべき対象者がいないことです。先に述べたように、地質調査事業量の大幅な減少に伴い、企業が存続のため、新規採用を手控え多くの企業で後継者がいなくなっています。

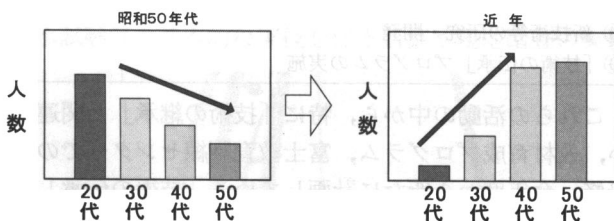


図4 地質調査業界における高齢化のイメージ

また、地質調査業界に人材を供給していた教育現場も大きく様変わりしています。大学・大学院は地質を教える場ではなく、地質から地球科学、土木から環境と名前だけでなく学問分野での継承がなくなっています。大学・大学院の地学教育は論文を書くこと、専門性を求めることに力点をおく傾向があります。学生にとって、会社が何を求めているのか、大学で何を学ぶか、学生の意識も希薄にな

っています。JABEE（日本技術者教育認定機構）認定の普及により、大学教育に社会のニーズを取り入れる方向にはなっていますが、大学や学生の意識と企業の意識は必ずしも一致していません。

また、主として現場に人材を供給してきた工業高校や専門学校で地質関連学科もほとんど廃止され、地質の基礎を修得した後継者がほとんどいないのが現状となりました。

#### (3) 技術・技能のコンテンツと継承の方法

地質調査技術・技能は、伝統工芸、芸術とは違い、ある程度はマニュアル化が可能な一般的な技術・技能と高度・特殊な技術・技能とを区分する必要があります。

管理技術者や熟練工に属人的に蓄積された「暗黙知」の伝承には、時間、コストがかかり、OJTや実技研修が必要となります。標準化されていない技術・技能、ノウハウ、「暗黙知」をいかに体系化、標準化し、「形式知」化し、マニュアル類の作成に至るかが重要で、これにより技術・技能の継承を効率的に行うことが可能です。最も一方でマニュアル化が技術の伝承を阻害している面もあり、技術者が深く考えなくなったという指摘もあります。

継承すべき地質調査技術に応じた技術者の人材育成プログラムを作成し、それに基づいた研修、講習等を行う上でもさまざまな工夫が必要です。

経験者から未経験者（受け手）への技術の継承の方法を考える上では、受け手が本来的に持つ能力を発揮させる手だてが必要で、個人の能力差より置かれた状況に依存するところが大きいことに留意する必要があります。経験者は、保有コンテンツだけでなく、表現能力、教えるテクニックを磨く必要があり、聞く側とのマッチング、教える熱意も不可欠です。受け手には、受け入れ態勢、積極性、学習意欲、学ぶことの意味を自覚させる動機づけ等が必要で、聞き出し能力・上手、理解力が求められます。

時間を掛けての伝承が難しいことで、教え方の標準化、教材、ビデオ、ツールの作成も重要となります。

無論、経験者と受け手の置かれた異なる背景の中でどこまで理解できるか。職場、人によって、継承すべきと考える内容やノウハウが一部異なり、受ける側が多様で、言葉や風土、世代の違いがあることも加わり、伝達困難な場合も多くあります。

### 4. 企業の活動の概要

#### 4.1 「現場技術の伝承」に関するアンケート結果

全地連では平成19年1月、会員企業に対し「現場技術の伝承」に関するアンケート調査を実施しました。回答社数は94社（回答率13.2%）と回答率はよくありませんでしたが、会員企業の技術の伝承に関する意識の一端が伺えますので、その概要を示します。

①「現場技術の伝承」については、深刻な課題となっている、課題となっているを合わせると57社で、半数以上の企業が課題と考えています。アンケートに回答した企業の意識が高いとも考えられますが、「現場技術の伝承」が地質調査業にとって大きな課題の一つであることは



間違いないと考えられます。

具体的には、事業量減少に伴う後継者不足、継承機会の喪失、高齢化、低賃金に伴う中堅技術者の離職、外注化に伴い基礎技術の習得がなされていないこと等多くの課題が挙げられました。

- ②「現場技術の伝承」に関する取組みの状況については、実施している企業は36%でしたが、課題と考えている企業に対する割合としては61%に上りました。

取組み事例については、現場での実作業やベテラン技術者を通してのOJT等が多くありましたが、集合教育や資格取得の支援といったインセンティブによる方法も見られました。

表1 企業における現場技術の伝承に関する取組み内容

現場での実作業におけるマンツーマン型指導(OJT)の推進	29
自社による集合教育(技能講習会など)の開催	12
関連団体や企業グループによる共同の集合教育の開催	4
教育訓練センターなどの教育訓練コースの活用	4
指導役としてベテラン技術者を活用	23
資格取得経費の支給・負担	23
技能レベルの把握のための基準やマニュアルの作成	7
その他	1

- ③ 取組みができない課題・問題点は後継者不足が最も多くありましたが、教える側の人材難や経費・時間の問題も大きいようでした。

表2 取組みを実施する上での課題

取組のための資金・経費の確保が難しい	18
取組のための時間の確保が難しい	29
現場技術を受け継ぐべき人材が不足している	43
現場技術を受け継ぐべき人材の意識の低下	25
保有している現場技術の現状を把握することが難しい	6
適切な教材(マニュアル等)が少ない	16
熟練技能を教えることができる人材が不足している。	20
OJT等ができるような大きな現場が少ない	14
現場に配置できる人員が限られ、指導者と受講者の組合せが困難	38
技術伝承の目標達成の評価や効果の把握が難しい	19
その他	5

- ④「現場技術の伝承」についての全地連または地区協会に期待することを問うたところ、教育・指導方法、ノウハウ等の情報提供や教育訓練の推進だけでなく、技術や技術者、技術向上に取り組む企業を尊重・評価する気運・仕組みを高め整備するための広報活動等が挙げられました。

表3 全地連・地区協会への期待

企業と教育訓練機関が連携した実践的な教育訓練の実施計画策	20
技術伝承のための教育・指導方法、ノウハウ等の情報提供	51
行政、学校等へのPR活動	19
技術伝承の成功事例に関する情報提供	23
全地連・各地区協会による教育訓練の推進	37
技術や技術者を尊重する気運を高めるための広報活動	39
技術の伝承に取り組む企業が評価される仕組みの整備	26

- ⑤ 特に全地連に対する要望等では、教育指導方法や講習会の開催などとともに地質調査技術者・技能者の社会的な地位や雇用条件の向上等が根本的な課題として多く上げられています。事業量の減少に伴う企業業績の悪化が大きく影を落としているとも考えられます。また、地質調査の必要性や地質調査技士資格の評価向上等へ向けた活動が望まれています。

## 4.2 企業活動の事例

企業における「技術の継承」に関する対応の現状としては、個人面談による目的意識の伝承、過保護にならないOJTの展開、業務マニュアルの作成、社内勉強会・研修会の開催、対外活動(講習会・委員会など)への参加による視野の拡大等がアンケートでは挙げられましたが、効果は必ずしも明確ではないようです。具体的事例としては、下記のようなものがありました。多くの企業が模索中といったところで、今回の小特集の意味もあると思われます。

- ・熟練した技術者の流出防止、人材確保およびこれらの技術者による若手技術者の教育・指導のための60歳定年退職後の再雇用制度の導入(最長65歳まで)
- ・若手技術者(新入社員)の積極採用と長期(1回/月、1年間)にわたる社内講師による計画的社内研修、および地盤工学会等の主催による社外講習会への参加(6回/年)
- ・以前(10年以上前)には、ボーリング技術の習得ということで新入社員を外注業者のボーリング作業の助手につかせるということもあったが、今では行われていない。

## 5. 全地連としての技術の伝承問題に対する対応

伝統工芸の例では、金沢のように街ぐるみで技術を伝承する仕組みがあり、行政を巻き込んでいる場合もあります。企業間の競争も激しい地質調査業ではこれとは異なり、個々の企業の方針・努力が一義的と考えられますが、中小企業が大部分であり、会社単独だけでなく、組織ぐるみで技術を継承する仕組みが必要です。全地連においても表4に示すようにさまざまな技術向上策をとっており、これらはいずれも「技術の継承」に貢献する活動となっています。

表4 全地連の技術向上に関する主な事業

- ① 地質調査技士資格検定試験及び同登録更新講習会の実施
- ② 技術発表会を中心にした「技術フォーラム」の開催
- ③ 人材育成プログラムの作成と周知
- ④ 富士教育訓練センターでの実技研修
- ⑤ 技術者短期研修会の開催(全国建設研修センターと共催)
- ⑥ 業務に係るマニュアル類の整備
- ⑦ 技術者の継続教育に対応した「ジオ・スクーリングネット」の構築と運用
- ⑧ 新技術等の研究・開発
- ⑨ 「技術の伝承」プログラムの実施

これらの活動の中から、特に「技術の継承」と関連の深い、人材育成プログラム、富士教育訓練センターでの実技研修、今年度から新たに計画している「技術の伝承」プログラムに関する活動を述べることにします。

### 5.1 人材育成プログラム

地質調査業にとって、人材は最も重要な経営資源であり、人材の育成が不可欠です。全地連では、平成6年度に現場系技術職、内業系技術職、営業職の3職種について「人材育成プログラム」を策定しており、技術の継承はその一部ともいえます。図5に示しているように、人材育成の基本は、OJT(職場教育)、OffJIT(集合教育)、SD(自己啓発)



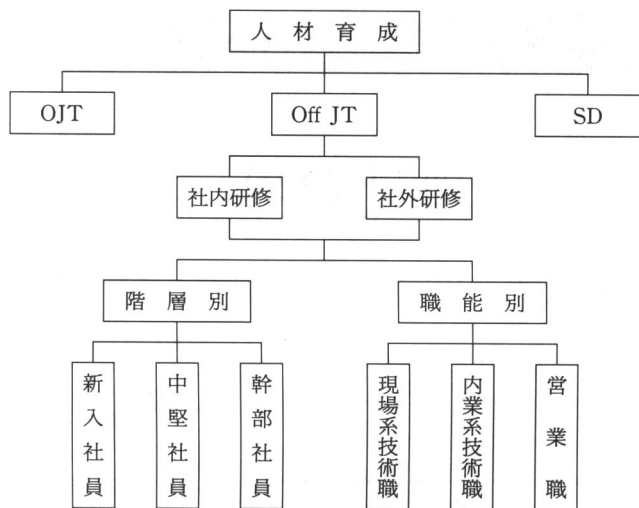


図5 地質調査業における人材育成の体系

の3本柱と考えています。ここでとりまとめた人材育成の考え方や人材育成法は、「技術の継承」に関するものを多く含んでおり、再確認すべきものと思われます。

### 5.2 富士教育訓練センターでの実技研修

10年前から富士教育訓練センターにおいて、フィールドワークの研修を実施していますが、最近では応募者が少なく、休止中のプログラムが多く低迷中です。最盛期の平成12年度には、ボーリング、サンプリング、サウンディング、物理探査等7本の実技研修を実施しましたが、昨年度実施できたのは、「地質調査技術者の入職時教育」と「地盤環境調査基本技術研修」の2本だけとなりました。

しかし、今年度には、入職時教育の内容を「技術伝承」というテーマでリニューアルしたところ、前年度に比べ参加者が大幅に増え、今後に期待が持てる状況となりました。

低迷中とはいえ、実技と座学を同時に経験できる教育プログラムは、「技術の継承」に有効と考えており、今後も活性化を図っていきたいと思っています。

### 5.3 技術の伝承プロジェクト

今年度から、全地連技術委員会を中心に各地区協会と協力して、技術の伝承プロジェクトを始めました。

約半数の地区協会ではボーリング、孔内試験・検層、原位置透水試験等の基本的な実技を伴う研修や現地踏査の実習



写真1 ボーリング実技研修の様子

を企画しています。現場における技術・技能の伝承が緊急の課題と考える表れかと思われます。その他講習会・研修会等も企画されています。

それとは異なり、一般市民や発注者への広報活動を強化しようという動きもあります。地質調査業の地位向上を図り、後継者を呼び込もうという考えです。

全地連ではこれらの地区協会の活動を内容だけでなく費用面でも支援しようというプロジェクトです。

本稿の執筆時点では、具体的な計画まではできていませんが、今秋には、計画が具体化されて実施に移されているものと思われます。オペレーターと管理・分析部門の技術者との相互研修や研修を踏まえた発表会での経験者・ベテランとの意見交換・討議、2泊3日の地表踏査研修といった意欲的な試みも見られ、その効果が期待されます。

このプロジェクトは、効果を判定した上で、来年度も継続させる予定にしています。全地連としては、これらの活動が活発化し、会員企業における「技術の継承」活動への一層の刺激になればと考えています。

## 6. おわりに

地質調査業界にとって技術の継承は不可欠なものといえますが、一方で厳しい現実があります

企業組織としての「技術の継承」の必要性は、個々の技術者と必ずしも相容れないところがあります。地質調査業界では、一部の高度な技術を除き、技術者個人は表に現れません。個人が技術を受け継ぐメリットは何か、収入も、名誉も伴わず、社会が対価を払わなければ技術の継承は行われません。

技術を継承する受け手が減少していることも、大きな問題で、将来に夢がない技術は継承できません。そのための仕組み作りが大きな課題であり、夢を持つには海外にも目を向けたらどうか、この分野のスターを育てるための表彰制度も考えたらどうか、「地質と調査」に「地質偉人伝」のような企画も考えてほしいとの声もあります。全地連も地質調査業界が夢のもてる業種となるよう政策提案を積極的に行い、業界全体としてステータスを高める取組みが必要と思われます。

職業教育は会社に入ってからでよいとしていた頃とは時代が変わっており、大学の地学教育に携わる教官を協会として取り込んでいくことも大切で、JABEEへの参画の強化も、人材育成上重要と考えられます。

教える側に教える熱意が感じられず、教えられる側にとって、学習意欲、学ぶことの動機づけがなければ、技術・技能の伝承もおぼつかないこととなります。

技術革新も進まず、報酬も増えないのでは若者は魅力を感じません。技術・技能の継承には、技術者・技能者の待遇の改善が不可欠といえ、これらを考慮した業務の発注も望まれます。

全地連としても、「技術の継承」問題に積極的に取り組んで生きたいと考えていますので、関係各位のご指導とご支援をお願いいたします。



■建設関連業における技術継承問題への取り組み■

# 測量技術の進展と今後の測量業界 が求めるもの

まにたまさる  
間仁田 勝\*

## 1. 伊能図と行基図

紀元前 490 年、地中海制覇の野望を持つペルシャの大軍が、アテネのマラ톤に上陸、アテナは將軍ミルティアデスの奇襲作戦が功を奏し、辛くも勝利をおさめた。伝令フェディピデスは、この勝報をもたらすため、約 40 キロメートルの道走り続け、群がるアテネ市民に「わが軍勝てり」と告げて息絶えた。

1896 年、そのアテネで第 1 回オリンピック大会が開かれ、そのメイン競技として、この故事によるマラソン競技が取り入れられ、以後、オリンピックの花形競技となっていた。しかし、その距離は約 40 キロメートルとされていただけで一定してはいなかった。

1924 年の第 8 回パリ大会において、その距離を定めるにあたり、先の第 4 回ロンドン大会のコース、ウインザー城からシェファード・ブッシュ競技場までの距離 26 マイル 385 ヤードを参考とした。以後、この距離、いわゆるメートル法で 42.195 キロメートルが公式距離として定められるようになった。

第九海上保安本部発行の『マリニュースあいかぜ第 242 号』によると、マイルとはラテン語の千倍を意味する語「ミリアリウム miliarium」に由来しており、古代ローマ人が歩測する際、2 歩分を 1 パッスス passus とし、その千倍を miliarium passus と呼んだことからマイルと呼ばれるようになったとある。

現在の 1 マイルは、1,609.3 メートルとなっているが、当時は約 1,480 メートルであったから、1 パッスス、いわゆるその当時の歩測は約 1.48 メートルであった。

我々測量界に従事する者としては敬してやまない伊能忠敬の歩幅は 69 センチメートルと言われている。これを歩測に換算すると 1.38 メートルとなる。この歩測は、常に一定でコンスタントなものであったという。

忠敬は、この正確な歩幅を武器に、蝦夷地(今の北海道)を皮切りに、伊豆・陸奥間の東海岸、直江津・津軽間の西海岸、東海および北陸海岸、紀伊および山陽山陰海岸、四国海岸、南九州海岸、北九州海岸、そして伊豆諸島と、そ

れぞれの沿岸測量を行うとともに、最後に江戸府内の測量を実施するなど、17 年間にわたり 10 度に及ぶ測量を行っている。

忠敬は、下総国佐原村の家を長男に譲った後に居した江戸深川の黒江町(今の江東区門前仲町)の自宅から、天文歴史を師事した高橋至徳の住む浅草までの約 4.8 キロメートルの距離を毎日歩くことにより、正確な歩測を生み出したという。それも 50 代なかばからの手習いである。

忠敬は、最初に測量した蝦夷地において、珍しい人物と出会っている。間宮海峽を発見し、樺太が島であることを証明した探検家の間宮林蔵である。

幕府の命で蝦夷地に来ていた林蔵は、忠敬から測量を習い、師である忠敬から譲り受けた測量機器と測量技術で、蝦夷地全土を測量している。それも 12 年間で費やしての労苦であった。

蝦夷地の内、忠敬が測量したのは、松前から室蘭、苫小牧、襟裳、釧路を経て西別(今の別海町)に至る南海岸のみで、忠敬の死後、天文方の手により完成した『大日本沿海輿地全図』における他の国後島および樺太島を含む蝦夷地域は間宮林蔵の功績であった。

林蔵の発見した間宮海峽も、1832 年にシーボルトによって発行された『日本』に、「マミヤノセト」と記され、ヨーロッパ諸国に紹介されている。

忠敬は、これらの測量の結果、師の高橋至徳が待ち望んでいた緯度 1 度の長さを 28.2 里と算定している。これは現在の数値からみても数パーミリの誤差であったというから見事なものである。

忠敬の測量成果を図示した日本図は、一般に伊能図といわれ、大図(縮尺約 1/36,000)、中図(縮尺約 1/216,000)、小図(縮尺約 1/432,000)と縮尺の異なる 3 種類から成り立っている。

現存する最古の日本図としては、奈良時代の僧行基の作と伝えられている「行基図」があるが、これは山城国(今の京都府)を中心に七道(山陰道、山陽道、西海道、南海道、北陸道、東山道、東海道)を貫く線を描き、そこに各国を記載していくというもので、伊能図とは比べものにならない程幼稚なものであった。もともと旅程用に作られたものであったが、本格的な日本図である伊能図が登場する

\* 埼玉県測量設計業協会 常務理事兼事務局長



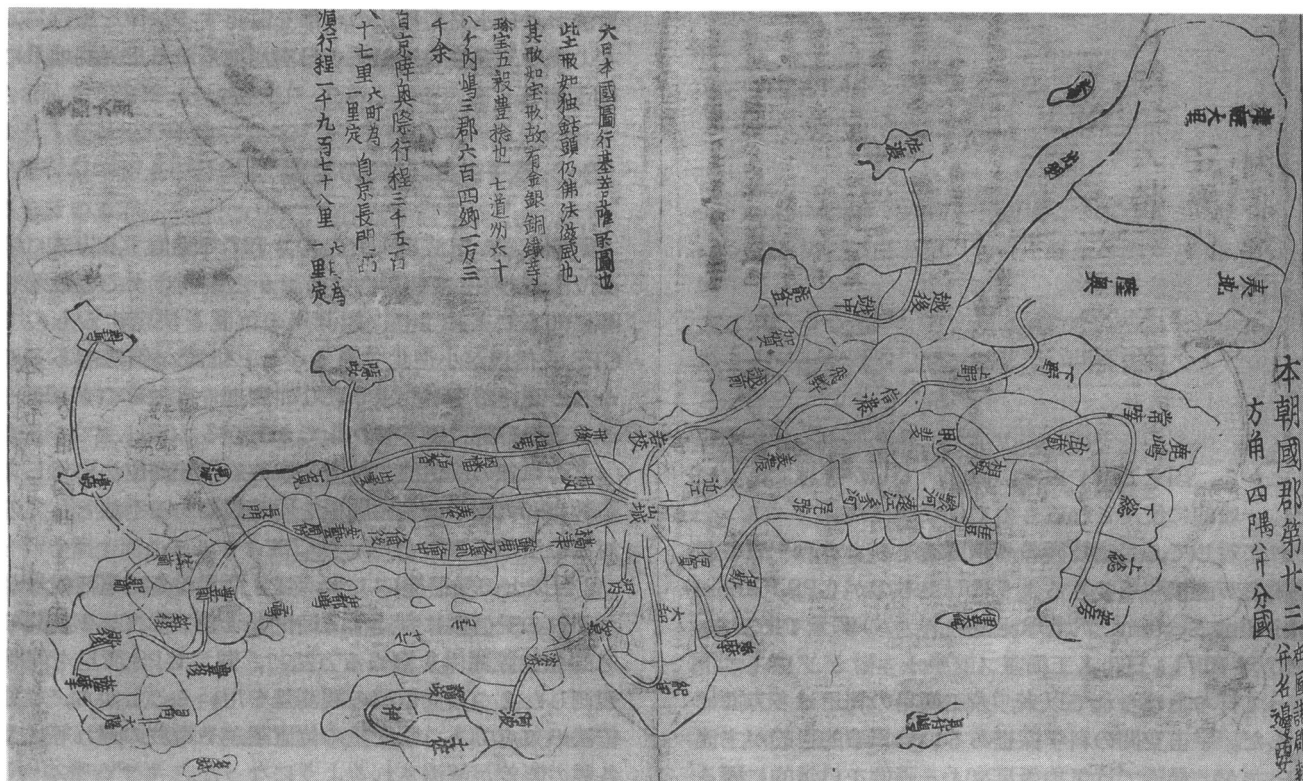


図1 行基図（『日本図のあゆみ』より）

までは唯一の日本地図として広く利用されていたものであった。

丁度、忠敬が測量に従事している同じ頃、インドにおいては、歴史に残る画期的な測量が行われていた。

1823年からインド測量局の手により開始された全インドの測量は、1830年代に入り、ヒマラヤの峰へと移り、その中でも最も高い頂であるピークXVを観測しはじめたのであった。

光の屈折、鉛直線変位、重力異常など多くの困難を乗り越えて、6方向からの三角測量により、その高さを求めていった。

三角測量とは、三角形の一辺の長さとその両端の角度から他の二辺の長さを測り出そうとするもので、最近では、この原理を利用して地球の公転半径から、地球からはるかに遠方にある天体までの距離までも測定されている。

その三角測量により各方向から測定した高さの平均値である29,002フィート、メートル法で8,840メートルを標高とし、世界最高峰の峰を観測したと発表した。

インド測量局は、この峰の地元名を模索したが、当時、ネパールもチベットも鎖国状態であったことから、現地名をキャッチすることができず、やむをえず、インド測量局の長官であったイギリス人のジョージ・エヴェレスト卿の名をとり、「エヴェレスト」と命名された。1865年のことであった。

その頃、北側のチベットでは、この峰を「チョモランマ（珠穆朗瑪）」と呼び、南側のネパールでは、「サガルマータ」と呼んでいた。

この計測高も、1954年に29,028フィート（8,848メートル）に修正され現在に至っている。

この世界最高峰の山も、1953年5月29日にニュージ

ランド人のエドマンド・ヒラリー（33歳）とシェルパのテンジン・ノルキー（39歳）により初登頂されて以来、アルピニストの的となり、今までに63カ国、約1,200人の登頂者を数えるほどになっている。女性アルピニストにおいても、1975年に日本、それも我が埼玉県の田部井淳子氏が登頂したのをはじめとして、75人となっている。

## 2. 日本測地系から世界測地系へ

明治に入り、国は歩測でなく機器による地図の作成に着手した。明治政府は、近代国家に不可欠な全国の正確な地形図をつくるため、基準点網を全国に整備していった。

この時採用されたのが、ドイツの天文学者であるベッセルが1841年に定めたベッセル楕円体であった。国は、当時の東京天文台の位置（東京麻布）の緯度および経度を、天体観測により決定し、この位置を日本の経緯度の原点として、それを基準として全国に三角点を網羅していった。

三角点の選定には、形成された三角形のそれぞれの内角が観察可能な位置とした。

それは、基準点が遠く離れていても互いに見通せれば、角度は比較的容易に観測できたからであった。しかし、三角形の内角の観測だけでは、基準点網の形は決まるが、大きさが決定しない。大きさを決めるにはいずれか一辺の距離を測定しなければならない。

長さ数メートルの精密な基線尺を作り、その繰り返しにより測っていったという。私もかつてマラソンコースの検尺に際し、長さ10メートルの竹尺を繰り返しあて、その距離を測定した経験があり、その労苦のほどが感ぜられるところである。

また、国はその折、標高についても東京湾の平均海面か

ら定めていった。

しかしながら、この座標系は日本独自のものであり、世界をまたにかける船乗りなどにとっては、その国ごとにその座標系に直さなければならないという不便なものであった。

そこで考えられたのが、VLBI (Very Long Baseline Interferometry: 超長基線干渉計) を活用した測量であった。これは、電波天文学の分野で発達した技術で、数十億光年のかたの星からの電波を数カ所で同時に受信することにより、その到着時間により2点間の距離を出そうとするもので、1センチメートルの桁の精度での測定が可能となるなど、画期的な手法であったが、大規模な装置を要することから、国家機関や大学、研究所でしか実施できないなど、一般的に使用されるものではなかった。

それに対して、宇宙技術の高精度をそのまま、一般の測量技術者が直接利用できるようにしたものがGPS (Global Positioning System: 汎地球測位システム) 測量であった。

1957年10月4日、人工衛星スプートニクがソヴィエトによって打ち上げられて以来、人工衛星の利用は多方面におよんだ。宇宙空間の科学探査あるいは軍事的目的が主流であったが、最近では気象衛星による画像を日常的に観るなど、生活に広く入りこんでいる。

GPSとは、アメリカにおいて開発されたシステムで、米国が軍事用に打ち上げた地上約2万キロメートルを周回する24個のGPS衛星からの電波信号の到達距離により距離を定めようとするもので、航空機や船舶などが、その運行中に自分自身が今どこにいるかを知るための衛星航空法システムとして、大いに活用されている。

測量としては、2台以上の受信機を使い同時に4個以上のGPS衛星を利用して、それぞれの受信機に到達する時間差を測定、そして2点間の相対的な位置関係を求める。

複数の受信機を用い、3個の衛星の電波を捉えれば地球上の平面の位置、いわゆる2次元測位がわかり、4個以上の衛星の電波を捉えれば、さらに高度な3次元測位がわかる。

当初、一般向けのGPS機器に対して、米国は意図的に精度を下げるためのスクランブルをかけていたことから、精度は約50メートルと低かったが、2005年5月、紛争地域などを除いてスクランブルは解除され、現在ではGPSの精度は数メートルまでにあがっている。

『測量667号』(日本測量協会発行)によると、GPS衛星は、秒速4メートルで地球から2万キロメートルという重力の弱い位置を飛んでいることから衛星に載せられている電子時計は、アインシュタインの相対性理論、いわゆる時間は高速の物体の中では遅くなり、重力の弱いところでは早くなるという現象をうけ、速さにより1千億分の8の割合で遅くなり、逆に重力により1千億分の53の割合で早くなる、併せて1億分の45の割合で進むこととなる。これは、電波の速さが秒速30万キロメートルゆえ、距離にして12キロメートルの誤差となることから、GPSに搭載されている電子時計は、あらかじめ1億分の45の割合で遅れるように調整されていると記されていた。

このGPS活用が本格的となった2002年4月、国は、測

量法および水路業務法の一部を改正する法律を施行し、日本の緯度、経度の座標系を日本測地系から世界測地系に移行させた。

### 3. 電子基準点網の整備

衛星からの電波を1台のアンテナで受信する方式に単独測位法がある。4個以上の衛星から観測点までの距離を同時に知ることにより、観測点の位置を決定するもので、GPS受信機が小型化であることと低廉な価格であることから、高い精度が要求されない調査や自動車のナビゲーション等の分野に広く普及してきている。

この単独の受信機で位置を求める単独測位法に対して、複数点間の相対的位置関係を同時観測する手法としての相対測位法がある。

2台以上の受信機により、GPS衛星からの電波信号がそれぞれの受信機に到達する時間差を測定して、2点間の相対的な位置関係を求める方法で、同じGPS衛星を同時に観測した2つの受信機の観測差を用いることから、単独測位法の欠点であった衛星の位置誤差や電波の遅れ等による各種の誤差が解消されるようになった。

以上のように正確な位置を知るには、GPS受信機による受信網が必要であり、このGPS受信機を定点的に設置したのが、電子三角点、いわゆる電子基準点である。

高さ5メートルのステンレス製の柱で、内部に受信機および通信機器を内蔵しており、その上部に電波を受けるアンテナが設置されている。また、基部にはトータルステーション測量に対応できるように、金属標も埋設してある。

そこで得られたGPS観測データは、電話回線を通じて茨城県つくば市の国土地理院に集められる。

国土地理院では、この電子基準点網の整備を積極的に進めており、現在、その整備網は、約20キロメートル間隔で、全国に約1,200カ所が設置され、24時間の連続観測を行っ

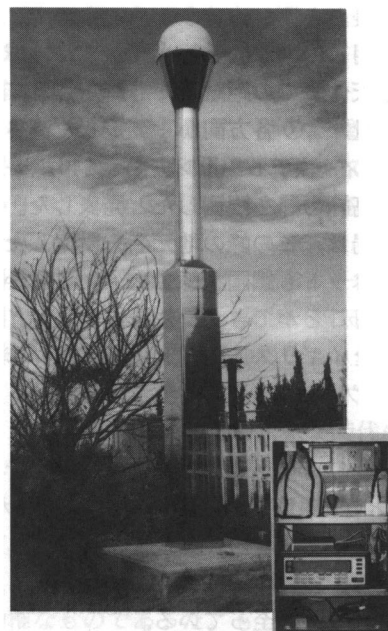


写真1 電子基準点(「国土地理院パンフレット」より)



ている。

この電子基準点のうち、最も高位置にあるのが、言うまでもなく電子基準点「富士山」である。その高さは富士山頂より1.5メートル高い3,777.5メートルとなっている。

また、日本領土の最南端の沖の鳥島にも電子基準点が設置されている。

沖の鳥島は、東京から約1,700キロメートル離れた日本最南端の島で、ハワイ諸島とほぼ同緯度にあり、南北1.7キロメートル、東西4.5キロメートル、周囲11キロメートルの細長い環礁の島である。

その環礁の中に東小島と北小島の2つの島(岩)があり、平成元年に東小島に一等三角点「沖ノ鳥島」が、北小島に三等三角点「北小島」がそれぞれ設置された。

全く生活圏のないこの島に、わずかながらその一端を印すという領土面からみても画期的な事業であった。

以後、毎年1回渡島し、GPS測量を行っていたが、平成17年に東小島に電子基準点「沖の鳥島」を設置してからは、衛星通信システムにより3時間ごとに国土地理院に送信されるようになった。

富士山といい、沖の鳥島といい、これこそ科学の力が発揮した基準点である。

一般的に電子基準点には2つの役割があるといわれている。

地殻変動観測機能と測量の基準点機能とである。

しかしながら、これらのGPS測量は米国のサービスに完全に依存したもので、補強・補完は各国に委ねられている。

ロシア、中国、欧州においては、すでに国家戦略として、それに対する取組みが始まっている。

わが国においても、平成17年9月、内閣にその取組みを推進する機関として、測位・地理情報システム等推進会議が設置され、その翌18年3月には「準天頂衛星システム計画の推進に係る基本方針」が発表された。

準天頂衛星システム(QZSS: Quasi-Zenith Satellite System)とは、3基の人工衛星を打ち上げ、そのうちの1個以上の衛星が、常に天頂に存在しているというもので、GPSの補完と補正を目的としている。GPS衛星の増加により、山間部等の電波の狭間となっている地において安定して利用が可能になるとともに、GPSの位置情報を補正して高精度の測位を得ようとするものである。

この基本方針によると、第一段階として初号機を打ち上げ、技術実証・利用実証を行い、その結果の評価後に初号機を含めた3機の準天頂衛星によるシステム実証を実施する第2段階に進むとしている。

計画実行が早期に図られることを望むところである。

#### 4. めざましい測量機器の進展

先日、『読売新聞』に、奈良県明日香村の高松塚古墳の石室床面の周囲から、床石の上面を平らにするための「水準器」に使用したとみられる柱の穴が9カ所出土したという記事が掲載されていた。水を張った容器で水平を調べ、

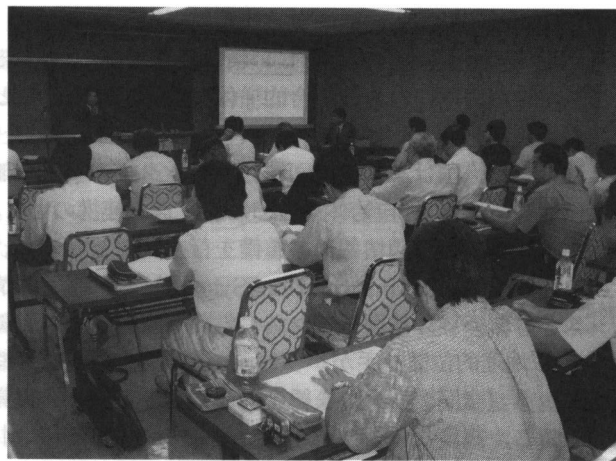


写真2 熱心に聞き入る講習生

両側の柱に糸を張って水平を確認しながら、作業したらしいとある。これは、水と糸を使って水平を測量する技術が確立していたことを示す最古の例だという。その筋の専門家によると、水槽を水準器に利用する例は14世紀初めの鎌倉末期にあるが、今回の発見は、それを約600年さかのぼると、記されていた。

このように、古来から使用されていた測量機械も、昨今では目を見張るものが登場している。

平成18年7月、会員への新しい測量技術の普及活動を兼ね、最近注目を浴びているデジカメ付き地上型レーザ・スキャナの講習会を開いたところ、県や市町の職員をはじめ多くの聴講者を得、その関心の深さに改めて感服したものであった。

その説明によると、本体から水平角、鉛直角を変えながら、レーザーパルスを発射し、それを対象物の表面で反射した光を本体で検知して、距離と振り角度を検出し、表面形状を三次元座標を持つ集まりとして取得するという画期的なものであった。

短期間に広い視野内の地形地物などの詳細な三次元座標が取得できる上に、デジタルカメラを備えたことにより、位置情報に画像というもうひとつの情報を付加することとなった。

角度と距離を同時に測るという機能としてのトータルステーションは、その使い勝手を向上させるため、さまざまな技術が投入されてきた。

そして、ここ数年で登場したのが、ロボティックで、その中でも最も期待されているのがワンマン測量である。従来はプリズムを使用した測定にはトランシット操作者とプリズムマンの最低2人が必要であったが、ワンマン測量ではリモートコントロールによってプリズムマン1人で対応できることとなった。人員面でも測量作業の効率化を図ることができることとなった。

#### 5. 地理空間情報活用推進基本法の成立

平成19年5月23日、念願であった地理空間情報活用推進基本法が国会で可決し、5月30日に公布された。

地理空間情報活用推進基本法とは、GISと衛星測位の活

用推進により、国民生活の向上と産業発展を図るもので、地理空間情報活用のための新しい情報基盤の形成やGISと衛星測位の活用のための総合的・体系的施策を行うこととしている。

これにより、国は、基盤地図情報のインターネットを無償提供するとともに、自治体も含めた産学官の連携のもと、共通白地図（基盤地図情報）の整備を行うこととなった。

GIS (Geographic Information System) とは、地理情報システムといい、地理情報システム関係省庁連絡会議によると、「地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）を総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術」と定義されている。

従来、それぞれの用途ごとに作られていた地図情報を、GISの構築により、一枚のベースマップに、ライフライン、植生、都市施設、統計資料、数値情報等のさまざまな空間データを集約することで、いつでも、誰でも、どこでも簡単に地図情報が、シームレスな図面の中で、求める縮尺の図面を得ることができることとなった。

また、この地理空間情報活用推進基本法の成立と併せて、地理空間情報を推進するための改正測量法も成立している。

これによると、国土地理院の地図等をインターネットによって提供するとともに、従来禁じていた国土地理院の測量成果の複製について、営利目的使用についても許可対象とすることが盛り込まれている。

さらに、国は、この法の成立と併行して、基盤となる地図情報の整備を平成19年度から5カ年計画で行うこととし、基盤地図情報整備事業として5年間で総額80億円余を予算化した。

全都市計画区域を対象とした整備で、前半の3年間に線引き都市計画区域を、後半の2年間に未線引き都市計画区域を対象として実施するとしている。

ちなみに、都市計画区域とは、健康で文化的な都市生活と機能的な都市活動を確保するため、都市計画法およびその関連法の適用を受ける区域のことで、その内、市街地の開発事業や都市施設の整備を積極的に進める市街化調整区域とそれを可能な限り抑制する市街化調整区域に区域区分

(線引き)されている都市計画区域を線引き都市計画区域といい、区域区分をされていない都市計画区域を未線引き都市計画区域という。

基盤地図情報整備事業では、既存の都市計画基図をベースに、測量基準点、道路・河川の区域界、市町村の字界等を表示するほか、標高線も表示していくとしている。

地理空間情報活用推進基本法の公布、測量法の改正、そして基盤地図情報整備事業の予算化と、平成19年度はGISにとって、画期的な年であり、記念すべき年となった。

平成19年度をGIS再スタートの年、5月30日をGISの日としても過言ではない。

## 6. 総合評価方式の導入こそ真の技術の発揮の場

いかに技術が高度化されても、これを受け実施に移すが、測量技術者である以上、常に新しい技術、高度な技術を研鑽習得している優秀な技術者によって実施されなければ、その真価を発揮することはできない。

「最も価値の高いもの」、いわゆる「ベストバリュー (Best Value)」を追求し、それに基づく技術こそ、最良の技術であり、培われた高度な技術も映えることとなる。

平成17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」という)が施行され、同年、基本方針が閣議決定された。それに基づき、請負工事について、平成17年度から総合評価方式が実施されたが、測量等の委託業務については、今後の検討課題とされた。

しかしながら、調査設計等委託業務の成果の良否は、後に来る請負工事に大きく影響を及ぼすものであることから、請負工事に、総合評価方式が導入された現在、測量業務等の委託業務にも、総合評価方式を導入することは、請負工事の品質を確保する上からも必要不可欠なものであ



写真3 都市再生街区基本調査により設置された測量基準点

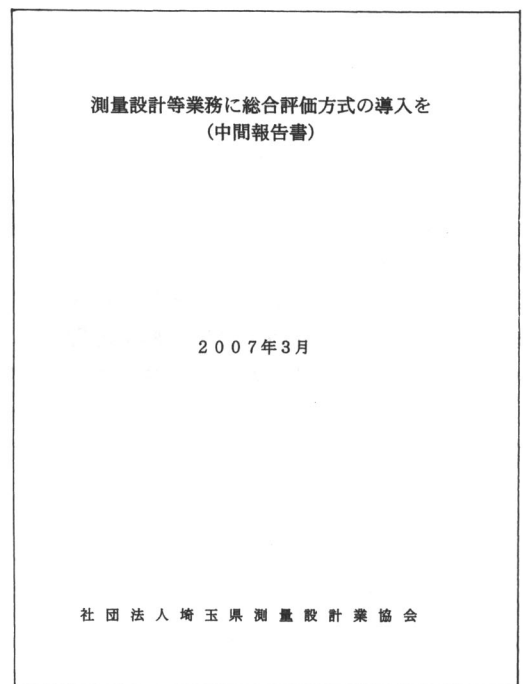


図2 埼測協「品確法導入報告書」



り、理にかなったものである。

公共工事は、調達時点で品質を確認できる物品の購入とは異なり、施工者の技術能力により品質が左右されることから、発注者は、個々の工事の内容に応じて適切な技術力を持つ技術者を施工者として選定し、品質の確保を図らなければならない、単に安い調達を目指すのではなく、価格と品質の両面から総合的に優れた調達を迫及することが社会資本整備への最大の貢献となる。

品質確保は「公共工事は、受注者の技術的能力に負うところが大きいこと、個別の工事により条件が異なること等の特性を有することから、価格及び品質が総合的に優れた内容の契約がなされることにより、確保されなければならない」との総合評価の必要性とともに、「公共工事は品質確保に当たっては、公共工事に関する調査及び設計の品質が公共工事は品質確保を図る上で重要な役割を果たすものであることに鑑み、公共工事に関する調査及び設計の品質が確保されるようにしなければならない。」と、調査設計等の委託業務の品質の確保が、公共工事は品質確保する上で、必要不可欠なものであると明記している。

測量等委託業務のように、製品の出来不出来が成果品にすぐ表れるものではなく、その成果品に基づいて施工された工事が実施された後に、初めてその成果が判明するものにとっては、その必要性はなおさらである。

発注者が事業の目的に応じ、競争参加者の技術的能力の審査を行う総合評価方式の採用は、品質の確保が図られるばかりでなく、技術的能力を持たない者が施工者となることによる不良工事等の未然防止等がなされ、高度な技術による事業が進められることとなる。

それゆえ、測量等委託業務を実施する技術者の選定に当たっては、後に来る工事の品質を確保する観点からも、常に新技術・新工法を研鑽するなど、継続学習に努めている優秀な能力および実績を持つ担当技術者を選定しなければならない。

優秀な技術者のもと、最新の測量機器や高度な測量技術により実施された測量こそ、社会福祉に貢献する真の高度測量技術となる。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省土地・水資源局国土調査課：WEB SITE.
- 2) 社団法人日本測量協会：測量, 第 667, 675, 676 号.
- 3) 世界大百科事典, 平凡社.
- 4) 伊能忠敬研究会：忠敬と伊能図.
- 5) 古河歴史博物館：日本図のあゆみ.
- 6) 財団法人日本測量調査技術協会：地理空間情報整備の狙いとそのインパクト講演会.
- 7) GPS 連続観測システム, 建設省国土地理院パンフレット.

## 建設コンサルタンツ協会の取組み

なが や やす じ  
永 治 泰 司\*

### 1. はじめに

公共事業を主な仕事とする建設分野の企業では、建設投資が平成10年以降毎年減少する中で、経営環境は年々悪化している。特に公共事業を対象に大半の事業を行っている建設コンサルタント業界では、新たな事業への投資はもちろんコンサルタントの唯一の武器である「技術力」の研鑽もままならない企業が多い。また、談合問題に代表されるように、世間からは公共事業にかかわる業者は悪とまで見られるような風潮すらある。このような中で、技術を持って生活の糧としているコンサルタントにとって、技術力を維持し、新技術を習得することは、建設コンサルタントという職業の生き残りをかけた戦いともいえる。一方で団塊の世代の退職、不況産業への見切りをつける退職などで、多くの優秀な技術者が、職を離れる時代にもなっており、技術の継承もコンサルタントが直面する課題である。

建設コンサルタンツ協会は、その活動目的が、「国民の要請に的確に対応し、かつ、環境の保全・創造に配慮した優れた社会資本の整備、並びにその活用に貢献するため、建設コンサルタントの資質と技術力の向上を図り、もって公共の福祉の増進に寄与することを目的とする。」(協会定款)であり、本部、支部(全国9支部)に技術委員会(古くは呼称が異なる)を設け、協会員の技術交流、技術研修の場としてきた。本稿では、コンサルタントが直面する技術課題とそれに対応する建設コンサルタンツ協会の取組みについて紹介する。

### 2. 建設コンサルタントにおける技術

本稿の主題である技術の伝承についての取組みを紹介する前に、多くの読者には理解されていると思うが、最近の報道等で建設コンサルタント不要論も報じられており、建設コンサルタントの役割とその役割を果たすための技術とは何かについて述べておくことにする。

#### (1) 建設コンサルタントの役割

建設コンサルタントは、従来、社会資本整備の中で、主として、その構想、調査・計画、設計、工事発注計画、積算、施工管理、事業評価等において、事業執行者(大部分は国、都道府県等の公共の機関)の事業執行を支援し、またパートナーとしてその役割を果たしてきた。例えば道路建設においては、既存道路網や交通量調査、将来交通量推計などを行い、道路の必要性を検討すること。予定地域周辺の環境調査を行い適正な道路位置を検討すること。道路構造例などの法律や規定を考慮して経済性に優れた道路構造を設計すること。設計に基づいて必要な資機材を検討し積算すること。実際の工事が設計どおりに施工されているか確認することなどを行っている。

さらに、最近では、行政の効率化の政府方針の下、事業者の人的資源も小さくなってきている反面、住民の生活様式の多様化等に伴って国民ニーズも多様化しており、行政が行う仕事領域が拡大しており、建設コンサルタントの仕事領域は、アセットマネジメント、災害リスクマネジメント、コンストラクションマネジメントなどのマネジメント分野等へ拡大してきている。協会としても、公共投資の削減が続く中で社会資本整備は国民の安全安心な暮らしを支えると同時に格差社会の是正につながるものとの考えから、積極的にコンサルタントの活躍の場面の拡大を図る必要があると考えており委員会活動等で知識の共有やセミナーを通じた技術習得に努めている。

#### (2) 建設コンサルタントの技術

建設コンサルタントという職業は、古くは役所のお手伝いをするところから始まったと聞いている。すなわち、技術は役所が持っており、建設コンサルタントは、設計計算の一部を手伝うといった状況だった。その後、戦後復興が本格化するにつれ社会資本整備も増加し、発注者だけでは、手が回らなくなり、建設コンサルタントが技術を習得し、発注者を支援する範囲が広がっていった。さらに、建設技術やコンピュータ技術の発達につれ、建設コンサルタントは多方面の技術を習得し、発注者、工事業者とは一線を画した独立、中立の立場で社会資本整備に携わるようになった。そこで、建設コンサルタントの技術とは何かということになる。ゼネコンの中には、建設コンサルタント

\* 建設コンサルタンツ協会 常任委員  
(株)長大 取締役上席執行役員



は、設計計算をして工事発注用の図面を作ることが仕事だと考えておられる方も多いのではなかろうか。それゆえ、施工業者に設計施工一括発注を行えば、建設コンサルタントは要らないという考えになっているのではなかろうか。言うまでもなく詳細設計は建設コンサルタント業務の一部である。その一部にとっても、建設コンサルタントが設計をし、施工業者が施工するときに、建設コンサルタントは社会の要請、環境配慮、法律や規制の考慮、構造的安全性等をコンサルタントという立場で考えた上で設計をしている。同様に施工業者は、施工性、経済性、環境配慮等を考えて施工計画を立て施工している。この両者が互いの技術に基づいて意見を戦わせ、あるいは図面に現れた思想を判断し、反論するといったことからよりよい物ができると筆者は考えている。電気製品などは良いものは売れ、悪いものは売れないというものの良し悪しの判断は国民が直ちに下す判断で淘汰されるが、社会資本は、作ったら数十年以上使い続けなければならないものであり、悪いから直ちに作り変えるということができにくいものである。それゆえ事前に設計者と施工者がぶつかり合うことが重要なのである。実りのあるぶつかり合いをするには、相応の技術力が必要であり、建設コンサルタントの技術力が問われるところでもある。

「技術」というと、新製品を開発する力や新工法を開発する力と思われがちで、技術力に優れた会社という、次々と新製品を生み出す会社というイメージを持つ方も多いと思う。建設コンサルタントとはというと、実際に工事をするわけでもなく、建設機械を売るわけでもない。新製品や新工法を生み出す立場にはないのである。むしろ、中立・公正の立場から、世にある製品や工法などを公平に見て現場や周辺環境を考慮して、推薦もしくは最適と判断した工法による積算を行う立場である。コンサルタントの技術は言い換えれば、広い知識と経験に基づくノウハウと、それを活かす技術者としての感性とだと筆者は考えている。では、建設コンサルタントに必要な知識とは何かということになる。先に記したように建設コンサルタントは、現在では、社会資本整備の一連の流れの中で、上流工程の調査計画段階から、メンテナンスまでほぼすべての部分で、何らかのかかわりを持っている。したがって建設コンサルタントに要求される知識も幅広いものになる。一例を示せば以下である。

#### <調査計画段階>

- ・当該施設の有効性、価値等を判断するための社会環境に関する知識
- ・当該施設の影響を判断する交通、自然環境、物流等に関する知識
- ・事業の事前評価を行うための、アウトカム指標に関する知識
- ・住民参画に関する説明手法や協働に関する知識等

#### <設計・施工段階>

- ・対象施設（例えば、道路、橋梁）に関する構造的知識
- ・対象施設の機能特性等に関する知識
- ・施設の立地条件に関する知識（地質調査結果を読む知

識等）

- ・対象施設に関する法令、規則に関する知識
  - ・施工方法に関する知識
  - ・資機材に関する知識
- <メンテナンス段階>
- ・施設の点検評価に関する知識
  - ・補修、補強に関する知識
  - ・長寿命化に関する知識
  - ・当該施設の社会的価値に関する知識

次にこれらの知識を実際の社会資本整備にどう活かしていくかということになるが、これは経験によるところが大きい。土木工学は経験工学といわれるように、将来予測はともかく、未知の自然を相手にする部分が多く、「こういう地盤だったら、こうなるだろう」的な発想で設計の知識や、施工の知識を最適に組み合わせ、基準内で安全なものを作るような考え方が必要である。「こうなるだろう」は決していい加減なあてずっぽうの推理をするわけではなく、多くは過去の失敗事例から学んできている。何故失敗したかの反省から、その失敗を繰り返さない工夫をするのである。例えば、高強度の部材を使いねじれ剛性を高めつつ軽量化を図る、交通量推計において事後の実際の交通量と相違が多いために交通配分に均衡配分を導入するなどである。この例において、建設コンサルタントが高強度の鋼材を開発するわけではなく、最新の素材に関する知識をもとにこれを使えばこうなるという推定をするわけである。この推定する部分が建設コンサルタントの感性に依存している部分である。つまり、最新の素材、機材、施工技术などの知識をベースに、その知識を色々組み合わせるといふ発想、失敗の原因を見抜く洞察力と次の策を想像する想像力が一人の技術者としての技術力になってくる。もちろん永久構造物といって良いような施設を一人の技術者の感性だけで作るわけにはいかないので、実証実験や、研究室での研究成果の利用、シミュレーションといったことを行う必要はある。

### 3. 技術の伝承

建設コンサルタントの技術が、前述のごとく知識と経験とそれを活用する感性である以上、伝承すべき技術とは、次の2点を伝承することである。

- ・知識の伝承
- ・経験およびそれに伴うノウハウの伝承

本章では、上記2つの伝承について筆者の考えを示す。

#### (1) 知識の伝承

経験も知識の一つということはいえるが、ここでは、知識は自らが実際に経験しなくても得られるものとして、区別して考える。知識は言い方を代えれば情報という言い方ができる。古くは、教科書、解説書、マニュアルといった書物から知識を得ることが一般的で、筆者が若かりし頃には、仕事をこなす上で参考にすべき書物（仕方書なども含む）を教えてもらい、それを読んで自分の知識とした。また新技術としては、メーカーの作る新製品や、施工業者が

開発した新工法などは、送られてくるパンフレット（説明付きで持参される場合もあるが）を見て新たな知識を得た。

こうやって得られる知識は、もっぱらその時直接的に必要な知識で、広範囲な知識を得るといった視点からは遠いものであるが、長年にわたって仕事をするうちに、仕事の範疇も広がるにつれ、知識の幅も広がるといったいわゆる OJT に近い知識の得方であった。その頃の技術（知識）の伝承は、後輩にどんなものを読めばよいかということ、仕事の場面場面で教えることであった。もちろん土木構造物は、大きさや挙動が実体験として、見てみないと机上の知識だけでは、大きさが故の特異な問題を見誤ることもあり、実際の物を見て知識を確かなものにするのが重要であり、現場へ連れて行く行為が技術の伝承でもあった。

最近では、インターネットで代表されるように、情報を得る手段は多様化し、データベースの整備も進み情報を得る速度も高速化したことによって、知識を得るだけであれば遥かに早い段階で一人前の技術者を生み出す環境ができた。しかしながら、自分がその時必要な知識（情報）を得るといったやり方は基本的に変わっていない。

国民のニーズが多様化した現在では、社会資本についても必要性の是非はもちろん、細部の機能や、形、色などさまざまな点で、多くのニーズが出される。古い時代の画一的な発想では、住民の理解を得られず、住民の理解が得られなければ社会資本整備という事業が進められなくなりつつある現在では、単に耐荷力、耐久性といった性能的な技術判断だけでは建設コンサルタントは務まらなくなっている。

この段階になると、従前のような自分の専門とする分野の知識を必要に応じて吸収するというやり方では、間に合わなくなってきている。例えば、橋梁設計技術者といったときに、知識という側面で言えば、以前は、土木技術の中の道路の分野の、さらに細部の橋梁について深い知識を得ることが大部分の一流技術者の目指していた方向であったが、今では、橋梁の深い知識はもとより、地域の歴史的背景、経済・社会的状況、地域全体が目指している方向、生活様式などの直接的には橋梁設計とは係わりのないファクターを分析し、その面からの橋梁の位置づけや、形式選定を検討することが求められており、そういった分析ができ、適切な提案ができる者が一流の技術者として評価される時代になってきた。40代、50代の我々の世代では、学校で、構造力学や、水理学、河川工学などの土木技術の基本についてはそれなりに学んできたし、社会人になってからも、前述のような方法で、知識を身につけてきたが、スピードが求められ、ニーズが多様化し、日々変化している昨今の社会では、専門分野はもちろん、関連分野、社会資本という言葉の根幹というべき分野について、常に知識を得る機会を持つことが重要である。したがって、技術の伝承ということでは、そういった機会をできるだけ多く作り、あるときは講師になり、あるときには執筆者になり、あるときはコーディネータになるといった努力をすることが伝承すべき技術を持った者の役目と考えている。

## （2） 経験とノウハウの伝承

経験は、上手く伝えれば、もっとも切実な事象として人の心に入り、役に立つ技術となる。一方で上手く伝えることがもっとも難しいのも経験であろう。経験はその経験をしたものにはいわゆるノウハウとして蓄積されていくが、経験をしていないものには想像すらできない世界でもある。

土木構造物には同じものは2つとないといわれることがある。地質の違いに代表される立地条件、資機材の搬入路、上空障害物、自然環境条件など土木構造物の周辺条件などが、基本的に同じ場所はないからである。結果として同じ構造物になったとしても、異なるものとして計算し、形状、形式を決めるため、同じ構造物は2つとないということになる。ここで、重要なのが、こういった外的条件として、どんな条件を考慮するか、どう考慮するか、外的条件がどう影響するかを判断することである。例えば、地質条件によって、橋梁基礎の形式、形状は大きく変わる。ボーリング調査結果として得られる地質柱状図の読み方は知識としてあっても、スポットで得られるボーリング結果だけを見ては、地質を読み誤る。いくつかのボーリング結果を見て立体として判断することや、微地形を見てリスクを判断することなど、個々の技術を知識として持っていることと、それを組み合わせること、組み合わせでの判断をすることは異なる。こうした知識は経験から得られることがほとんどである。しかも、失敗の経験から学ぶことが多いのである。計画段階の業務においては、交通量推計や気候変動などさらに不確定な評価要素を考慮する必要がある。どんな要素を評価するかは、経験に基づく技術者の感性と言えるもので、考慮しなかったことによるミスを経験が技術者の力量に大きく差が出ているとあって過言でない。

つまり、経験の伝承とはミスを公開し、ミス事例を明確に伝えることがそのほとんどとあってよいと筆者は考えている。

## 4. 建設コンサルタンツ協会における技術の伝承

建設コンサルタンツ協会の目的は冒頭に記したように、「建設コンサルタントの資質と技術力の向上を図り、もって公共の福祉の増進に寄与すること」を目的としており、さまざまな活動を通して、「知識」としての技術と「経験」としての技術の伝承に注力している。

### （1） 委員会活動

建設コンサルタンツ協会では、技術以外にもさまざまな委員会を設け活動を行っているが、ここでは技術に関する委員会について紹介する。現在、協会本部には、技術委員会の中に、道路計画、交通、河川計画といった従来から区分されている土木の分野ごとの専門委員会および政策評価、参加型計画といった近年の事業形態に沿った専門委員会あわせて16の専門委員会がある。さらに、分野横断的に各専門委員会から委員を出して活動する建設コスト縮減WG（ワーキンググループ）、技術開発支援WG、照査特別



WGの3つのWGがある。

知識としての技術の伝承は、単に同じ会社の先輩技術者から後輩技術者へ伝承することだけでなく、多様でかつ進化の激しい知識を効率よく広く技術者に伝え、建設コンサルタント全体の技術力を向上することが国民への貢献に寄与すると考えている。技術というと、とかくブラックボックスにして、人に抜きん出ることと思いがちであるが、事、公共事業では、国民の税金を使って、国民が利用するもの、国民の福祉になるものを作り、維持するわけであり広い知識を持って、その時最善の技術の組み合わせによって、最高のものを作るということが重要である。建設コンサルタントは、その意味でも、偏った知識や、特殊な技術だけを推奨するような行為を行ってはならず、公平、公明で、透明性を確保することが重要な使命でもある。そのため、一人では（一社では）なかなか獲得・吸収できない広範な知識を、協会活動を通じて効率よくかつ間違いのないよう共有しているのである。

専門委員会では、会員各社の相互の協力によって、「知識」としての技術の伝承活動として、主に以下の活動を行っている

- ・勉強会：最近の技術動向、設計基準の変更への対応方法など会員相互の情報交換、外部技術者を招いての意見交換等を行っている。
- ・セミナー・講演会の開催：講師を招いての講演会や、会員の中の専門家によるセミナー・講演会を開催し、技術共有を図っている。

図1は平成17年度中に全国で行ったセミナーの開催状況を示したもので、各専門委員会が中心になって、194回開催した。

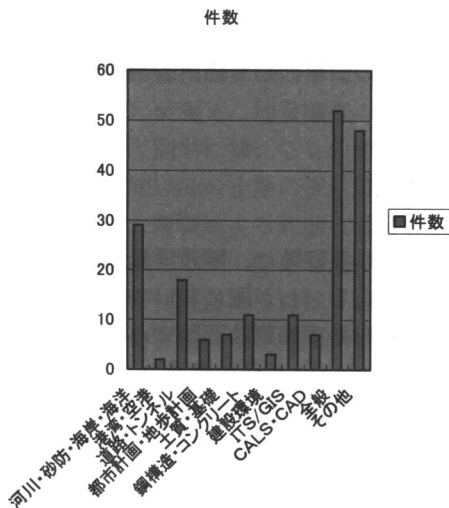


図1

- ・現場見学会：新工法、施工時留意点、維持管理の現状等の知識習得、環境、社会資本整備と人々の暮らしの現状等の学習のために、施工業者、道路・河川管理者等の協力を得て実施している。
- ・交流会：異業種（施工業者、メーカー、地質調査等）交流によるコンサルタント業務に考慮すべき知識の習得、コンサルタント業界の知識の提供等を行行情報共

有を図っている。

- ・基準等の改定支援：国交省等の依頼により、現行基準の改定に際して委員会、現行の問題・課題を分析し提言や改定内容に関する要望を作成しており、基準に関する知識、考え方についていち早い共有を行っている。

## (2) 経験の伝承にかかわる活動

経験としての技術の伝承は、「品質セミナー」を毎年実施している。「品質セミナー」は、会員各社のエラー（ミス）事例を集め、その事例を紹介するとともに、原因分析、対応、今後の防止策などを説明するものである。通常失敗は、技術者としての、能力を疑われるというような理由から、隠したがる傾向がある。建設コンサルタント協会では、エラーの経験は、建設コンサルタント全体の技術力をアップさせるものとして、公開することとしている。エラー事例は、協会加盟各社から毎年収集し、過去分と合わせてセミナーで事例集として配布している。「品質セミナー」は毎年全国9支部の所在地で行われ、平成18年度には図2の参加者があった。

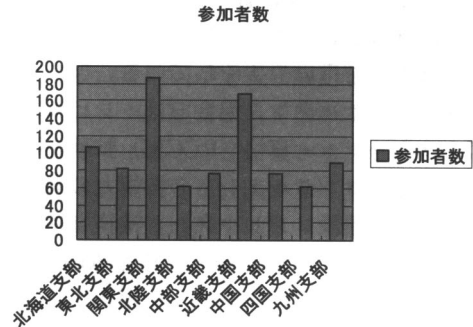


図2

参加者総数は907名で、内181名の発注者の参加があった。発注者側においても、エラー事例を貴重な経験として捉えていることが伺われる。

## (3) 協会外への技術の伝承

専門委員会等が主催する講演会・セミナーは協会以外の外部の方々も参加可能なものが多いが、主目的は協会の知識、経験という技術の共有、伝承にある。社会資本整備に係わるものとして自らの技術を高めそれを伝承することは当然のことといえるが、発注者と技術を共有し、業務を進めることは適正な品質を確保し、公正透明な社会資本整備を進める上で重要なことである。また、次世代の社会資本整備を担う学生、生徒、児童に社会資本整備の重要性を理解してもらい、技術を受け継いでもらうことが、末永くわが国の安定的な生活を維持していく上で重要である。そのため建設コンサルタント協会では、「出前講座」を開催している。「出前講座」その名のとおりに、協会員が先方の施設（役所、学校）に赴いて（出前）講演会や講義を行うもので、専門家としては一般的な講義、最新の基準改定の解説、アセットマネジメント等の新たな考え方に関する解説などの発注者向けの講座から、社会資本整備の一般的な解説、防災の心得といった小学生向けのものまでさまざまな出前講座を行っている。平成18年度には、協会本部で把握してい

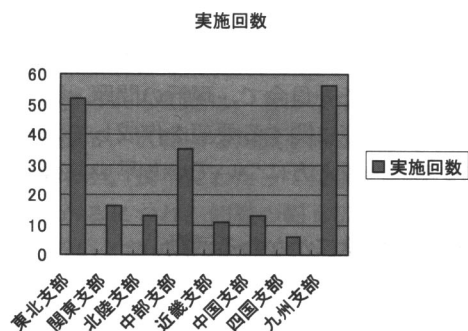


図3

るもので、図3に示すように全国で延べ202回に及んでいる。

#### (4) CPDおよびRCCM更新講習

建設コンサルタンツ協会では、技術者の継続教育としてCPD(継続研鑽)を運営している。CPD制度では、先に示したセミナーや講演会に参加したものにCPDポイントを与え技術の習得・伝承に力を入れている。また建設コンサルタンツ協会は建設系CPD協議会(土木学会、地盤工学会、日本建築学会など11団体参画)に参画し、土木技術者全体の技術の継続研修に便宜を図っており、より広い分野での知識の獲得等を行いやすくしている。

また、建設コンサルタンツ協会では、シビルコンサルティング マネージャー資格(RCCM)試験を平成3年度から実施し、建設コンサルタントの技術力の向上と、責任ある技術者として建設コンサルタント業務を遂行できる人材の育成に努めている。同試験に合格しRCCM登録している者は平成18年度には24,000人を超えている。RCCM登録者には、4年ごとに更新講習を義務づけており、平成15年度からは、更新講習プログラムにCD-ROMによる自己学習を義務づけ、資格者の技術力の向上を図っている。このCD-ROMは、先に示した技術委員会の各専門委員会が中心的に教材を作成し、また練習問題および正答例を作成している。CD-ROMの教材は主に、更新までの4年間の技術の変化、基準の変化、社会資本整備に係わる社会動向などを収録しており、常に最新技術の研鑽ができるよう考慮している。さらに、RCCM更新登録に当たっては、4年間にCPDポイントを100単位取得することを平成22年度の更新時から義務づけており、自学自習の強化にも努めている。

#### (5) 技術の広報活動

建設コンサルタンツ協会では、広報活動にも力を入れている。広報活動は、技術の伝承という視点でも重要なことと認識している。社会資本整備とは?何故社会資本整備が必要なのか? 建設コンサルタントはどんな技術で貢献しているのか? といったことを次世代の人々に伝えることによって、技術は共有でき、進歩すると考えるからである。

18年度の活動例を挙げると、以下のようなものがある。

- ・自然環境に関する学習会：四国4県で小中学生を対象に実施
- ・「北海道の水辺」に関する研究・活動助成：北海道で

建設系の大学生、若手研究者、NPO法人等を対象に公募し助成

- ・「ひろしま自転車トーク2007」フォーラムの開催：自転車の利用しやすい環境づくりとまちづくりをテーマにアンケートやパネルディスカッションを実施
- ・絵本「キミの知らない道で」の作成配布：関東の小学生3、4年生程度を対象にした絵本を作成し、小学校、図書館等に配布
- ・建設技術フェアへの出展：全国各地の国交省が主催する技術フェアに建設コンサルタンツ協会として出展し、建設コンサルタントの技術や活動について紹介している。

## 5. 今後取り組むべき課題

建設コンサルタンツ協会では、これまで紹介したように技術の伝承視点で多くの取り組みをしているが、公共投資の減少や公共事業に対する世間の見方など未だ取り組むべき課題も多い。

### (1) 次世代を担う優秀な技術者の育成

現在では、工学部、理工学部等の工学系の学部での土木関係学科(大学の工夫で土木という言い方はほとんどされていないようである)の人気は低く、優秀な学生が集まらなくなっている。社会資本整備の重要性、価値およびそれを構築する技術の必要性和面白さを認識してもらう努力が必要である。

### (2) コンサルタントフィーの向上

知的産業といわれる分類に建設コンサルタントも入っているが、他の知的産業の平均年収に対して相対的に低いフィーは、新しい技術者が集まらなくなると同時に、ここで紹介したような、ほとんどを協会員のボランティア活動で支えている技術の伝承活動も経済的制約で行いにくくなりつつある。

## 6. おわりに

技術の伝承という課題は、建設業界だけではなく、天然資源にきわめて乏しいわが国においては、技術立国という政策をとらざるを得ず深刻な問題である。中でも技術だけが売り物と言ってもいいような建設コンサルタントにとって、自らの技術の研鑽、伝承と同時に次世代を担うものの理解を得、次世代の若者が積極的に、社会資本整備、コンサルタント業務に取り組んでくれるような環境を作ることが重要と感じている。

筆者は、建設コンサルタントの会社に席を置くと同時に建設コンサルタンツ協会の技術委員長を拝命していたことから、本稿を書く機会を与えていただいた。たぶん筆者の個人的な思いも入っているが、建設コンサルタンツ協会の活動が技術の伝承に大きな役割を担っていると思い建設コンサルタンツ協会の活動を紹介させていただいた。



# 地表地質踏査技術の伝承

よこ やま しゅん じ  
横山 俊治\*

## 1. はじめに一失われた技芸

「山が歩ける学生がいなくなった」といわれて久しい。〈山が歩ける〉とは地表地質踏査ができることを指さす。この20年くらいの間に山を歩いて地質図を作成するという研究行為そのものが大学から消えていった。額に汗をかいて身体を汚すことをばかげたことと見なす風潮を敏感に感じ取って学生も変わったが、大学教員も山を歩かなくなり、山が歩けなくなった。大学教員自身が山歩きを学生に見せないと、学生の山歩きは育たない。そして今では、ひとり山に入ることができない学生が増え、クリノメーターを使えない学生が“地質系”コースを卒業していくことも珍しいことではなくなった。〈山が歩ける〉という言葉自体が死語になり、ついに大学では地表地質踏査技術は〈失われた技芸〉になった。

今日の大学の不甲斐なさには企業もさじを投げ、いまではほかの技術で対応するところもでてきているが、失われたのは単に地表地質踏査技術だけではない。その喪失によって〈自然を観る目〉が衰え、地質調査の総合力が低下した。これは他の技術で簡単に補えるものではない。

さらに、バブル崩壊以降の企業の採用手控えの結果生じた若手技術者の減少と離職による熟練技術者の減少は技術を伝承される側と伝承する側の両方を減少させた。団塊の世代の大量退職はこの状況にさらに拍車を掛けることになる。〈失われた技芸〉の背後にある問題は根が深く深刻である。

本論では、この〈失われた技芸〉をどのように復活させ、次の世代に伝承していくにはどうすべきかを述べたい。しかし、伝承すべきものが失われて久しい状況を考えると、地表地質踏査とはどのような技術なのか、伝承すべきはどのような技術なのかという解説から始めるのが適切であろう。

## 2. 地表地質踏査はどういう技術なのか

### 2.1 総合的技術である

地表地質踏査は通常つぎのような流れで進んでいく。調査の目的や既存の地質情報の有無などで実情が変わるが、はじめに、地形図、さらに場合によっては、既往の地質図も見ながら踏査ルートを選定することになる。基本的には露頭（一般には地山が地表に露出しているところをさす）条件の良い谷や、地質構造を横断するルートが選ばれるが、既往の情報によってははじめからある地層の追跡にターゲットを絞ったルートを計画することもある。また、地形解析でえられた断層地形や地すべり地形の情報に基づいて調査ルートが選ばれることもある。いずれの場合も現地に行くと、まず地形図と現地の地形から選定した踏査ルートの入り口を確認する。

そして踏査開始となる。露頭・転石（露頭から分離した大小の岩塊）が出てくれば、その観察結果を地形図にプロットすることになる。そのとき地図上で自分の居場所がわからないとデータにならない。

露頭観察や地層の追跡では岩石鑑定能力は必須であるが、その他地質系諸分野の知識レベルは地質踏査のスピードや地質構造モデルの構築・検証に影響する。地質構造の解明を目的とする通常の地質踏査においても断層地形や地すべり地形、組織地形などに注意を払うことは必要である。実際に地質踏査では露頭を探すにも転石の意味を考えるにも地形を読む。そうしないと地質踏査のスピードが落ちるだけでなく地質構造も誤る。植生が地質踏査の重要な情報源になることもある。たとえば、チャート分布域は地形が急になるので杉や檜の植林に適さず自然林が残っている。四国山地はどこも急峻であるが、植林地内は安全に歩ける。このように地質の推定と調査ルートの選定に植生を活かすことができる。また、断層や地すべりの抽出にも植生は役立つ。断層に沿ってはしばしば湧水があり、そこでは植物の成長が早いので、植生分布から法面中の断層の位置が分かる。活動中の地すべり地の樹木はしばしば損傷を受け異常を示すので、異常樹木から地すべりの変動域や動きが読める。

ロッククライミング技術は必ずしも必要ではないが、谷

\* 高知大学理学部教授

や斜面を歩くための登山技術は必要である。露頭の良い谷ほど滝が多い。滝を直登するか巻く（谷壁斜面を登って滝上に出ること）かの判断と簡単なフリークライミングの技術はある。危害を及ぼす恐れのある動植物の知識や気象を判断する知識も安全かつ快適な調査に必要である。

その他細々としたものを挙げるときりがないが、実践では服装や調査道具も非常に重要で、それが調査効率に影響する。それで細々としたものにも各自の創意工夫や思い入れが見られるから面白い。このように地表地質踏査はさまざまな分野の知識や個別技術の上に成り立つ総合的技術である。

## 2.2 総合化技術である

露頭は地表地質踏査の最良の情報源である。それでしばしば、この地域は露頭条件が良いとか悪いとかの話になる。では、通常露頭が占める面積率はどれくらいになるのだろうか。谷底や両谷壁に露頭が連続する谷や掘削によって岩石が露出している切土法面が続いている道路を見て、全面露頭だという。しかし、このような連続した露頭は日本では稀で、多くは10m<sup>2</sup>未満の小規模な孤立した露頭である。瀬戸内海の島では、島周りの海岸が干潮時に全面露頭になっているが、内陸部の露頭条件が非常に悪いので、露頭の面積率は10%前後である。四国山地は全般に露頭条件が良く、小規模な露頭なら至る所で見つけだすことができる。しかし露頭の面積率でみると、10%以下ではなかろうか。要するに日本は露頭が少ない。露頭が少ないが故に、必ずしも地質を確認したい位置に露頭が存在しない。むしろ露頭の分布は大きく偏っているといつて良い。それは瀬戸内海の島を思い浮かべれば明らかであろう。

さらに問題は、同一岩石からなる露頭であったとしても、風化状態や植生の有無が露頭ごとに異なるために情報の質に差異がでる。露頭面の向きと地質構造の姿勢（たとえば、地層の走向・傾斜）との関係は地質構造の理解をしばしば難しくする。露頭サイズが小さいと一部の現象を見てそれが全体を代表していると事実誤認をしてしまうこともある。

地質図とは、その地域の地質分布とそれらの構造的関係が三次元的に読めるように地形図上に表現したものである。このようないわゆる岩相マップが通常地質図と呼ばれるものである。その地質図作成のための地表地質踏査は、著しく偏りがあってしかも質の異なる露頭情報を、マップスケールに拡張する情報の総合化技術である。しかし、地質学の知識がいくらあっても、地質が複雑な日本列島では、露頭の情報だけで地質図を作ることはできない。そこで重要になってくるのが後述する転石調査である。地表地質踏査の成功の鍵は転石が握っているといつても過言ではない。

## 3. どのような技術を伝承するか

踏査日数を増やせば地質図の精度が上がるという面が確かにある。しかし、地質図の精度を上げる歩き方を知らな

ければ、踏査日数を増やしただけで地質図の精度を上げることは難しい。地質に関する知識や岩石鑑定力が同じであっても歩き方によって全く異なった地質図ができてしまう。われわれは地質図の精度をどのように評価したらよいのであろうか。

図1の地質図aと地質図bは同じ場所の地質図であるが、描かれている地質の分布・構造は全く異なっている。このような結果になった原因はどこにあるのであろうか。

はじめに図1の地域の地質について概要を述べておく。基盤の地質は付加体のチャートと泥質岩である。チャートはさまざまな規模のものがあ、大きなものは独立した地層のように見え、小さなものは径が数m以下で泥質岩中の礫のようにみえる。泥質岩中にはチャート岩塊のほかに砂岩の岩塊も含まれている。砂岩岩塊の多くは数cm以下である。したがって、泥質岩と規模の大きなチャートの分布を三次元的に画いた岩相マップが当地域の地質図になる。地層の走向（劈開面や岩相境界面の走向）はほぼ東西である。地層の傾斜は50~60度程度が目立つが、より緩傾斜である場合も少なくない。地層の傾斜は北傾斜が多いが、南傾斜もある。

二枚の地質図において、記載されている露頭を比較すると、同じルートのルートマップであっても、露頭の位置や地点数、図示の規模に相違が出ている。小さな露頭は、実際の露頭の規模よりも大きく図示しないと表現できないので、図示の規模や位置に個人差が出てくる。図示された露頭の規模や位置の正確さは地形図の縮尺や精度によっても違いが出てくる。さらに、同じルートを歩いたといつても厳密には同じ場所を歩いているのではないし、必ずしも同じ露頭を見ていないということがルートマップの違いとなって表れる。地表地質踏査技術では、このような踏査者の個人差や表示の限界は避けられないので、どのような歩き方で踏査し、地質図を画いているかということが重要になる。

二枚の地質図の歩き方を比較してみよう。地質図aでは、谷沿いだけでなく、尾根筋も歩いている。谷の途中から斜面を尾根まではい上がっているところもある。それに対して、地質図bでは、基本的に谷筋しか歩いていない。また、地質図aでは、転石の情報が得られているが、地質図bでは、転石の情報はゼロである。

もう少し詳しく見てみよう。地質図aでは、地形を使って、尾根筋と谷沿いの露頭・転石の分布から地層の傾斜を推定して地質図が描かれている。ルートマップから地層をどのように追跡したか、踏査ルートの軌跡が推察できる。それに対して、地質図bでは、岩相境界を追跡するのではなく、露頭で測定された地層の走向・傾斜（急傾斜の測定値が採用されている）を外挿し、露頭を繋いで地質図が画かれている。というよりも、地質図bのルートマップではこの方法でしか地質図を画くことができない。

その結果として、地質図aと地質図bとでは、岩相境界面の走向はほとんど違わないが、岩相境界面の傾斜や地層分布は全く異なったものになっている。特に地質図aの上から二枚目のチャート層は北に向かって次第に緩傾斜にな



り、北東に向かって層厚は次第に厚くなっている。しかし、地質図bでは、このチャート層とほぼ同層準に相当するチャート層は複数枚に分かれ、岩相境界の傾斜はより急傾斜で画かれている(図1)。

さて、地層分布や地質構造の異なるこれら二枚の地質図のうち、どちらの精度が高いであろうか。地質図の評価方法に公認された基準はないが、私の経験から、岩相境界が押さえられている地点数(岩相境界確認地点数)で評価す

るのが現実的であると考えている。岩相境界確認地点には、露頭内で岩相境界が測定できる地点もあれば、転石の分布から推定されるだけの地点もある。それでも、岩相境界確認地点数が多いほど、ボーリングデータとの整合性が高くなることを経験している。

岩相境界確認地点数を比較すると、地質図aが46地点、地質図bが20地点となり、差は歴然としている(図1)。しかも地質図bにおいて岩相境界が確認されているチャー

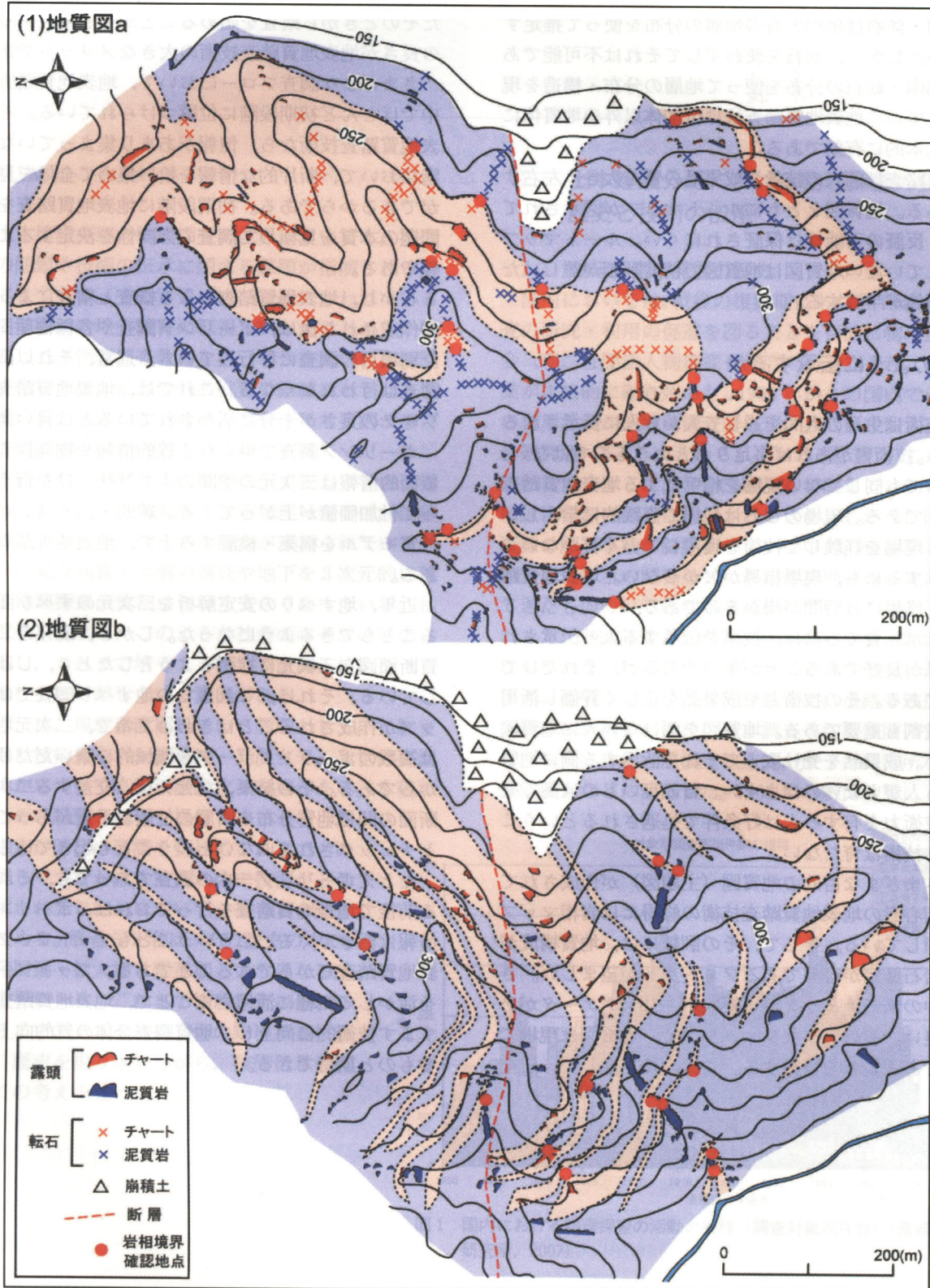


図1 同一地域で作成された二枚の地質図(ルートマップ付き)の比較



ト層は層厚の薄いものがほとんどで、しかも、一枚のチャート層の上面と下面が確認されているものは希である。そして、層厚の厚いチャート層ほど確認されている露頭数も少ない。地質図bは何ら根拠のないところに岩相境界線が引かれているといわざるをえない。

付加体のようにさまざまなスケールの褶曲が発達している地質体では、実測された地層の走向・傾斜のうちで、地層の追跡に使えるのは走向である。傾斜を使うときは慎重でなければならない。それで、マップスケールの地層の平均的な走向・傾斜は尾根と谷の地層の分布を使って推定するしかない。しかし、転石を使わずしてそれは不可能である。この露頭・転石の分布を使って地層の分布・構造を現場で解明していく地表地質踏査法は付加体以外の地質体においても基本的に有効である。

地表地質踏査は個人の技量が成果品の質を大きく左右する技術である。地質図とともにルートマップが図示されていないと、反証の可能性は保証されにくい。ルートマップが図示されていない地質図は地質図の精度評価が難しいためにその価値が半減する。

#### 4. どのように伝承するか

一般に技術は生身の人間を通して人から人に伝承されるものである。技術書があれば事足りるというものではない。どこをとっても同じでない現場を相手にする地表地質踏査は特にそうである。現場のことは現場で実践的に学ぶしかない。自ら現場を経験して技術を獲得していくしかない。技術を伝承するにも、現場指導が欠かせない。地表地質踏査の伝承・修得には時間が掛かるのである。

技術を伝承し育てるには、技術を伝承する人と伝承される人の関係が良好であることが重要であるが、それだけでは不十分である。その技術力や成果品を正しく評価し活用する人の役割も重要である。地質図を画けない人に地質図は読めない。成果品を受け取ってそれを活用する側に地質図を読める人がいないのはまずい。質の良いものは高く売れ、高い技術力を有する人は好条件で処遇されるということでないとい技術は育たない。

今日、さまざまな目的の地質図（主題図）が作成されているが、初心者地表地質踏査技術の修得には岩相マップの作成が適している。そして、その訓練には、地質構成が単純かつ岩石鑑定が容易であるフィールドが望ましい。さらに、地中の構造チェックが可能なボーリングデータがあればなお良い。そのようなフィールドで、地質図は現場で画くものであることを修得する。この訓練を通して、安全

かつ効率的な踏査ルートの選定方法や露頭の観察法、転石の使い方などを実践的に学んでいく。このような教育プログラムの実践には産官学の協力が必要かもしれない。

#### 5. フットワークの良さを活かそう

地表地質踏査技術は技術者個人の身体に獲得されている能力である。現場の地図が与えられれば、装備の準備に時間を要することなく、ほとんど身体ひとつで、現場に着いたそのときから踏査を始めることができる。フットワークの良さが地表地質踏査技術の大きなメリットである。

さまざまな調査フローにおいて、地表地質踏査はフロー中でほとんど初期段階に位置づけられている。それは、地表地質踏査技術なら、情報があまり集まっていない初期段階において、断片的な情報を拾い集めて全体を見通すことができるからである。初期段階に地表地質踏査を実施し、問題の本質を見極めて調査の方向性を決定することは有意義である。

しかし、地表地質踏査による概査と精査によって地質図が作成された後は、ボーリング調査や各種物理探査といった別項目の調査に移行していき、通常、それ以降地表地質踏査は行われなくなる。これでは、地表地質踏査のフットワークの良さが十分に活かされているとはいえない。

ボーリング調査で得られる線的情報や物理探査で得られる面的情報は三次元の空間の中で意味づけを行うことによって付加価値が上がってくる。線的・面的情報から三次元地質モデルを構築・検証する上で、地表地質踏査は有効である。

近年、地すべりの安定解析を三次元のすべり面で解析することもできるようになった。しかし、既存の二次元の地質断面図を三次元に拡張しようとしたとき、しばしば破綻している。それは、これまでの地すべり調査では、岩相マップが作成されることはきわめて希で、二次元地質断面図は複数のボーリングデータを機械的に繋いだだけのものだからである。その結果、たとえば、交差する二次元の地質断面の間で地質分布や断層の位置に矛盾があってもきちんとチェックされていないということも起きている。

たとえボーリング一本の調査であっても、それを実施する前後で地表地質踏査を行っておれば、ボーリング調査の情報は生きてくる。こういうこともフットワークの良い地表地質踏査だからできることである。フットワークの良さを活かして気軽に活用することで、地表地質踏査は今後ますます技術的に向上し、地質調査全体の質的向上に貢献するものと期待できる。



■地質調査業における技術の伝承■

# 土木建設分野の物理探査技術の発展と技術の伝承

たか 高 本 鈴  
はし 橋 本 庄 木  
とおる 亨 静 敬  
\* みつ 光 一  
\*\* いち  
\*\*\*

## 1. はじめに

近年、土木建設分野の物理探査の世界においても、技術力の低下の問題や技術の伝承に関する課題が指摘されるようになってきている。その背景には、一般にいわれている学生の理工学離れや地学教育の軽視といったことから、眼前の現実として、物理探査教育を担ってきた大学の資源関連学科の変化ならびに最近の公共投資の縮減にともなう地質調査の業務量の急激な低下など、さまざまな要因が挙げられる。

しかし、社会のニーズはますます安全で安心な社会の構築を希求しており、防災・環境・維持管理分野では、山積する地盤に係わる課題の速やかな解決が求められている。そこでは、広範な地質・地盤の調査や地下を3次元的に可視化できる物理探査の役割はむしろ大きくなっている。私たち物理探査技術者は、このような社会のニーズの変化に敏感に対応し、これまで培ってきた地下を測る技術をさらに発展させ社会に貢献していく責任がある。

そのためには、現実に直面している問題として、これまで培ってきた技術力をいかに維持・発展させ、次世代に継承していくかについて真剣に議論する必要がある。本稿では、そのための議論の材料を提供することを目的に、物理探査が時代の要請を受けてこれまでどのように発展してきたか、またその中で技術がどのように伝承されてきたかについて、筆者らの知る範囲でまとめる。筆者ら3名は、その歴史の中で、後述する発展期・拡大期・変革期という異なる時期にこの世界に入り、これまで物理探査に係わってきた。そこで、それぞれの立場の物理探査技術者として、歴史を振り返りながら、技術伝承の問題についての考えを述べたい。

## 2. 土木建設分野における物理探査の発展の歴史と技術の伝承

### 2.1 物理探査の発展の歴史

国内においては、戦後の復興期にあたる1948年に物理探査の研究・利用の促進を図ることを目的に物理探査技術協会（現、社団法人物理探査学会）が設立され、物理探査事業が本格的に動き始めた。1950年からの国内での物理探査の利用状況が旧地質調査所（現、独立行政法人産業技術総合研究所）によりまとめられている（図1<sup>1)</sup>）。このグラフに現れているように、国内では1960年頃までは物理探査は主に鉱物資源の開発に利用されてきた。しかし、国内の鉱物資源の開発事業が斜陽化していく中で、資源開発分野では地熱や地下水の開発などに対して物理探査の適用が図られてきたものの、その利用は減少していった。

一方、1960年頃から急速に国土の社会資本整備が進められようになった（図2<sup>2)</sup>）。その中で物理探査は、河川関係ではダム建設のための基礎地盤調査に、道路や鉄道関係ではトンネルや橋梁の建設の基本調査や切取法面の安定性検討に、さらには、大規模土地造成、原子力発電所などの立地詳細調査などに活躍した。1964年の新潟地震による大規模

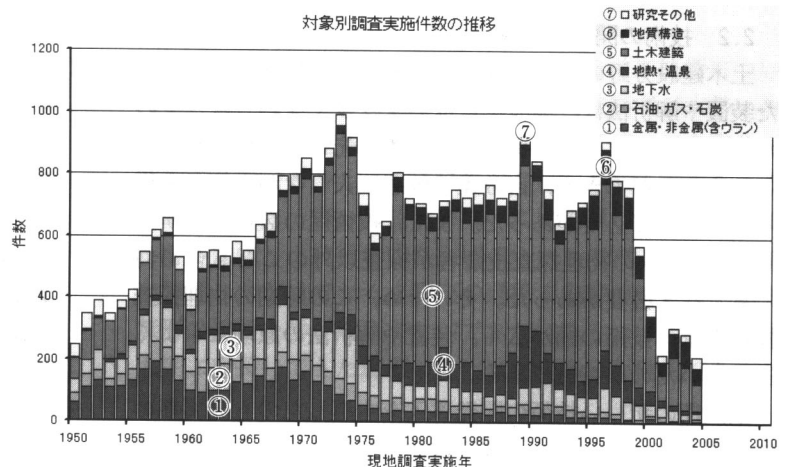


図1 国内における物理探査の活動の推移（調査対象別件数）（産業技術総合研究所，2007）

\* (財)深田地質研究所, \*\* 総合地質調査(株), \*\*\* 川崎地質(株)

な液状化被害を受け、土の動的性質の研究が始まった。その中で、土質地盤のS波速度の測定技術としてPS検層技術が開発され、耐震調査の拡大とともに急速にその利用が広がった。この1960年から1980年頃までの期間は、国内の高度経済成長に伴う物理探査の発展期と位置づけることができる。

発展期には、ダムやトンネルなどの岩盤地域での調査では主に屈折法地震探査、土質地盤の調査ではPS検層が利用されたが、それ以外の技術で現在広く利用されている手法の多くが開発導入されたのは1980年以降である。浅層反射法地震探査・2次元電気探査・地中レーダ・ジオトモグラフィ・サスペンションPS検層がその代表である。それらの開発を牽引したのは、なによりも、建設投資の継続的拡大を背景とした調査需要の拡大であるが、より精度が高く使いやすい技術を提供したいという物理探査技術者の強い意欲でもあった。それに加えて、使いやすいコンピュータの登場もそれに拍車をかけた。大量のデータを取得処理し、非線形の逆解析法が手軽に適用可能になったことが、新技術の開発・普及・拡大を後押しした。この時期は、図2に示すように建設投資の伸びが続く1990年代前半まで続いた。この時期を物理探査の拡大期と呼ぶこととする。

しかし、バブル崩壊後は財政の健全化等の理由から公共事業の縮小が叫ばれ、図2のグラフに現れているとおり、1993年以降は毎年3~5%程度建設投資額が減少している。それに相応して土木建設関係の地質調査、物理探査の事業量も減少してきた。一方で、最近では、公共投資も、建設プロジェクトに代わり、安全で安心な社会の構築のために、防災、環境、維持管理分野へシフトしており、物理探査もそのような分野での貢献が期待され、適用実績が増加してきている。時代の要請、市場のニーズの変遷が続くこの時期は現在に至っているが、この時期を特に変革期と強調して呼びたい。

## 2.2 技術の開発と伝承

土木建設分野のような浅層を対象とする物理探査に適した装置や解析法は、発展期にはあまり多くなかった。そのため、この時代の物理探査技術者は、先輩から技術を学ぶということができず、自分達で創意工夫しながら何でも作り出していく必要があった。また、技術屋の数が少なかったため、1人の物理探査技術者が探査以外のことも含め何でもこなす必要があった。そのため、この時期の物理探査技術者は、技術の幅が広く、装置や解析法の原理にもよく通じていたのが特徴である。

拡大期の新しい技術の開発導入を主導したのも発展期の物理探査技術者である。彼らは従来技術の抱える課題を十分理解した上で、ニーズに応えられる新しい技術の開発に取り組んだ。その指導を受けながら、新技術の開発に取り組んだのが拡大期の物理探査技術者である。技術だけでなく、パイオニア精神も叩き込まれた者が多い。特に、良質

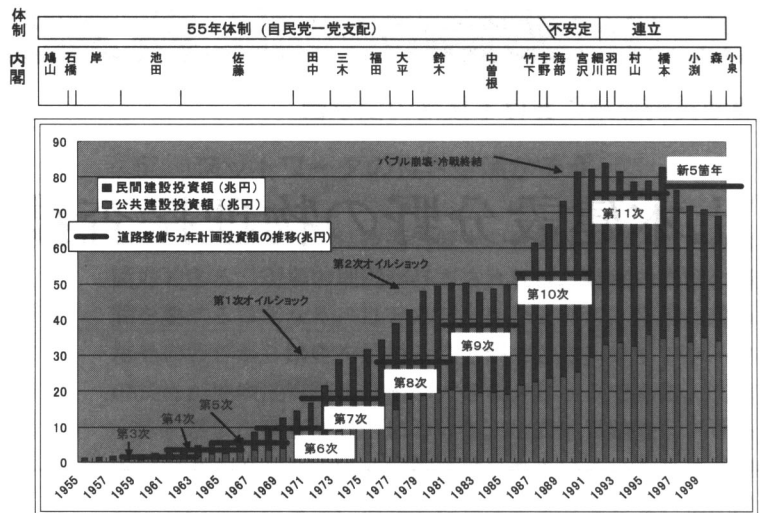


図2 1955年以後の建設総投資額の推移ならびに道路予算の推移 (大矢, 2001)

なデータの取得方法について、精神論も含めて指導された。どのような技術でも同じであるが、有形なものはマニュアルでも伝えられる。しかし、無形なもの（ノウハウも含め職人芸と呼ばれる部分）は体験を通じてしか伝えられない。この時期は使いやすいコンピュータが登場した時期でもあり、拡大期の物理探査技術者はコンピュータを駆使して解析法を自ら開発し、発展させることに大きく貢献した。浅層反射法地震探査・2次元電気探査・ジオトモグラフィはいずれもコンピュータによる解析の発展とともに普及拡大した技術である。

1980年代には電子技術やコンピュータの発達により、優れた探査装置や解析法が開発されたため、1990年代になるとそれらが容易に入手可能となった。変革期の物理探査技術者がこの世界に入る頃にはそのような道具が揃っていた。そのため、彼らはブラックボックス化した装置や解析ソフトを使って探査の実務に携わることとなった。業務を処理する上ではこれは大変効果的であったが、反面、技術を習得する上ではマイナスの効果も多かったと思われる。装置や解析法の原理を理解しなくても、それなりに、データを取得し、解析することができるからである。便利な道具を使えば、先達の指導を仰がなくても一定の結果を出すことができるため、この世代への技術の伝承、特に無形なものへの伝承がうまくいっていないように思われる。また、技術の高度化に伴い技術者の専門分化が進み、他の技術の理解や技術者間のコミュニケーションの不足が進んでいるように思われる。このことが、技術のユーザや市場のニーズとの乖離につながり、技術の発展の阻害要因とならないよう、今後の技術開発や伝承を考える際に留意していかなければならない。

## 3. それぞれの時代を生きた物理探査技術者として感じていること

発展期（本荘）・拡大期（高橋）・変革期（鈴木）にそれぞれ物理探査の世界に入り、その時代に多くを過ごしてきた物理探査技術者として、技術の開発や伝承について、日



頃感じていることを雑感風に述べたい。

### 3.1 発展期を体験してきた物理探査技術者として

物理探査技術の起源を歴史上のどの地点にとるかは種々の記録があるが、実用上の観点からは、ヨーロッパで地震探査および電気探査の原型が現れてから約100年とみられる。わが国では資源・建設の両分野で地震探査を主とする物理探査が試みられたのが約75年前と見ることができる。色々な分野の技術と比較した時、物理探査はかなり若い技術ということができ、この比較的短い年月の間の技術の発展と継承の兼ね合いは、物理探査技術の中の各ジャンルによって異なる意味合いを持つことはやむをえない。

物理探査のうちでも最も古典的な技術手法の一つといえる屈折法地震探査(弾性波探査)の解析法を例に取り上げてみよう。周知のように、両方向の走時を組み合わせ、ほぼ加減計算のみで地下の速度層分布を得ることができる萩原の方法(はぎとり法)<sup>3)</sup>は、各種物理探査の解析法の中でも特に巧妙で、かつプロセスを理解しやすい手法である。弾性波探査黎明期の1938年にこの方法が工夫されて以来、文字どおり60数年一日のごとく愛用されてきただけの価値はある。筆者が解析に従事していた時期(1958~70年頃)は、はぎとり法と適当な図式計算を組み合わせながら、出てきた速度層分布を眺め、地質構造をじっくりイメージすることができた。このことが解析技術の継承や地下構造解釈技術の進展、あるいは真の地下構造の追求に寄与できたかは別として、納得できる地下構造断面図を提示できたと思っている。ただし、一世代後の1980年代以降であれば、大量のデータを短時間に電算処理するパターンが一般化し、個別の解析断面から色々な地質構造を考える余裕はなかったかもしれない。技術の発展がすべて継承に値するものかどうかは大いに考えさせられるところである。

技術の視点がより明確な例としては、坑間・孔間弾性波探査から弾性波トモグラフィに至る一連のプロセスを挙げることができる。物理探査技術の最初の総合的テキスト<sup>4)</sup>には、構造物基礎岩盤内の弾性波速度を直接測定する手法が「岩盤内部の探査」として、資源探査関連の類似の手法が「扇形法」として解説されている。これらは、横坑・ボーリング孔・地表等を発震または受振点として、ある断面または平面内の速度分布を測定することにより、地質構造や岩質などを判定する手法である。適用ケースによって解析結果は、前述の屈折法と同様な速度構造・ミラージュ速度構造・速度値コンター等のさまざまな方法で表示されていた。約20年後の教科書<sup>5)</sup>でも、「孔々間または坑々間弾性波探査」および「扇射法」として記載され、本質的には変わっていない。いかなる解析・表示方法を採用するにせよ、速度分布断面の表示には何らかの主観的判断が入らざるを得ない。また、そのことが解析者の地質構造・岩質分布の解釈上の一つの主張となっていた。

トモグラフィ技術が物理探査に導入されたのは、1980年代である<sup>6)</sup>。周知のように、測定値からインバージョンによって地下のある物理量分布(この場合、弾性波速度)を再構成する手法である。なお、インバージョンという用語は、

日本語での逆解析そのものをさす場合と、逆解析・順解析を組み合わせた解析システムをいう場合とがある(ここでは、後者としておく)。算数の例で言えば、小学校6年生の鶴亀算もインバージョンである。

余談だが、90年代にかなり経験のある技術者を対象とする試験問題にジオトモグラフィを出題したところ、大多数の答案が単に「多数の測定データから詳細な物性分布を求める方法」との意味を書いていたのに失望した覚えがある。技術用語の理解を正しく継承・伝承するのは難しいと感じた事例である。

トモグラフィ技術の利用により、測定・解析のコストが高くなることは別として、地盤断面内の速度分布の表示は、その詳細さと客観性の両面で格段の進歩を遂げた。ただし、特に筆者のような中高年にとっての問題は、トモグラフィ解析システムのブラックボックス化である。解析手法のうちでも、ART法の初等的システム位なら、解析プロセスの物理的意味合いをフォローできる。しかし、複雑な手法の場合に、解析結果を示されても「はあ、そうですか」というしかない。ジオトモグラフィに限らず、今後とも種々のケースで解析結果を的確に解釈できる手法が、継承に値するような開発と経験の蓄積を得ることを望む。

[本荘静光]

### 3.2 拡大期から仲間入りした物理探査技術者として

筆者がこの世界に入ったのは1981年である。当時、物理探査といえば屈折法地震探査(弾性波探査)かPS検層を指すくらい、この2つの手法が主流であった。もちろん、磁気探査は不発弾探査に、電気探査(当時は垂直・水平探査)は地下水探査に、重力探査は地球科学的な研究に使われていた。しかし、地質調査では圧倒的にこの2つの手法が主流であった。しかし、同時に新しい手法として、浅層反射法地震探査と地中レーダの地質調査への適用研究が進められており、数年遅れて2次元電気探査やジオトモグラフィの実用化研究が始まった。1980年代は、従来の手法に加え、これらの新技術の実用化により、物理探査の市場が拡大し、地質調査全体の受注額の伸びに比例して、物理探査の受注額も拡大していった時期であった。

当時、屈折法地震探査やPS検層などの従来技術については、長年これらの技術に携わってきた技術者が大勢いたので、筆者ら新参者も一緒に現場に行きデータを取り、解析する機会も多く、まさに手取り足取り教えてもらうことができた。一方、新技術については先輩と一緒に一から勉強し、技術を作り上げていったので、技術の中味に精通しただけでなく、開発の過程で先輩の持つ暗黙知や無形の技術を学び取ることができた。そういう意味で、拡大期に成長してきた筆者の世代は大変幸せな世代であると思う。

しかし、筆者らが中堅からベテランと呼ばれるようになった1990年代後半以降は、前述のとおり公共事業の縮減により地質調査・物理探査の業務量・発注金額が減少してきたこともあって、業務をいかに効率的に処理するかが重要視される時代となった。この時期には、測定においても解

析においても便利な道具が容易に入手できる時代であったため、新しくこの世界に入ってきた若い技術者は、それらの道具を使って効率的に業務を処理することが求められた。そのため、業務処理を優先し、ブラックボックスの中身について考えたり、自ら改良したりする機会が少なくなった。分業化が進んだのもこの時期の特徴である。物理探査技術者は物理探査のみを担当し、極端な場合には物理探査の、例えば電気探査だけに係わり続けるという場合が多くなり、技術の幅が狭くなった。この時期は、不況にもかかわらず技術者の数が多かったため、技術研修会のような組織的な教育の充実が図られたものの、筆者ら拡大期の世代が受けたような手取り足取りの教育を受ける機会が少なくなった。

この時代の教育には、拡大期の物理探査技術者に責任があると思っているが、筆者らが経験したように、先輩技術者と一緒に現場に行き、データを解析する機会が激減している。解析が終わった結果を前に議論しても、本質的な問題点が見えないことが多く、それが見えた場合でもやり直しが効かず手遅れな場合が多い。結果としてその状況に妥協していることが多く、妥協の産物を前にしては心構えを説くこともできず、ましてやノウハウなど無形なものを伝えることはできない。

変革期の技術者もそろそろ中堅になることを考えると、将来への技術の伝承を考えた時、拡大期と変革期の物理探査技術者間に発生した伝承のギャップを埋める手立てを考える必要がある。有形な技術を伝えるには、マニュアルや手引書が有効である。技術研修会などを通じてのフォローアップはさらに有効である。最近、物理探査学会では探査技術の標準をまとめた本や資料を刊行しており、技術の教育普及を目的とした講習会やセミナーも継続的に実施している<sup>7)</sup>。これらを引き続き継続することがまず重要なことだと考える。一方、無形なものをどう伝えるか。上記手引書ではノウハウ的な部分も記載する努力が行われているものの、文章に定量的に表すのが難しいから無形なのである。経験から養われる勘もその一つであり、場数を踏む手続きを飛ばすことは難しい。基本的な技術については、やや長期的な視点で計画からデータ収録・解析・解釈に至る全過程を経験できる仕組みを考えていかなければならない。2007年問題の中で、現役をリタイアした技術者が後進の指導にあたるシステムが、製造業などを中心に試みられている。地質調査や物理探査業界でも、そのような取り組みが必要な時期にきている。ただ、現状のような市場環境では、各機関単独でこのような仕組みを構築し、維持していくことはきわめて難しいと思われる。学会や公益法人、NPOなどの機関を核に、民間企業などが協力してそのような仕組みを作っていくことを考えていく必要がある。

物理探査業界についていえば、現在、30歳代の技術者の数は他の世代に比べて相対的に多いと思われる。この世代への技術の伝承が上記のような試みを通じてうまく進めば、10年後にはこの世代が40歳代となり、業界をリードしていけるので、将来は大変明るいと思われ、筆者は確信している。

[高橋 亨]

### 3.3 時代の変革期に生きる物理探査技術者として

最近、技術の継承がなされていない、あるいは今後継承されない恐れがあるという話をよく聞く。ある地質技術者は、「今後、地質図が描ける研究者・技術者は現れないのではないか」と嘆く。一方、地学が必修科目でなくなってから久しく、地学を学習しないで社会人になった人も多いといわれている。このことはカリキュラムなどの地学教育システムに問題があると考えられている。

一方、環境や防災に対する関心は年々高まっている。ニュースでこれらの話題が上らない日は皆無といってよい。地学にかかわる技術の社会的役割は重要度を増している。

社会的役割が増しているのに技術者がいないという矛盾を、なんとか解決しようという試みは毎年春に行われている日本地球惑星科学連合大会でも特別にセッションが生まれ、議論が行われている。例えば、女性研究者や技術者が学会に参加できるようにするための男女共同参画、広報普及活動（アウトリーチ）として高校生によるポスターセッション、一般向けのキッチン地球科学などである。特にキッチン地球科学は、台所にあるような材料を用いて地学的なモデル実験などを行うセッションであり、一般にも評判がよいそうである。最近、チョコレートや牛乳を用いて火山のモデル実験を実施するための本も出版されている<sup>8)</sup>。

物理探査の世界では、簡単な測定器を自作して実際に物理探査を行う試みがなされている<sup>9)10)</sup>。特に、西谷ほか<sup>9)</sup>では、例えば金属探知機のような装置の回路図なども掲載し、実際の製作の仕方まで丁寧に書かれているため、物理探査の教材としても興味深い。近年ブラックボックス化する探査装置の原理的な中身を知るには格好の著書である。

先日、海洋関係のとあるシンポジウムのパネルディスカッションでも海洋科学者・海洋技術者をどのように養成するかという議論があった。このとき「海で泳いだり、海に入って遊んだりしたことがない人が、海洋に対する興味を持てるのか？」という問いかけがあった。もっともなことである。地質調査や物理探査の側において考えれば「土や岩に触ったことがない人に地質調査・物理探査がわかるのか？」ということである。自分のことに当てはめて考えれば、幼いころは砂場で遊ぶことが好きで、特に砂で山や川を作ってそこに水を流す遊びを、それこそ日が暮れるまでやった記憶がある。例えば、山が崩れないようにするには砂に水を混ぜて締め固めたり、川の水が浸透してなくなないように、粘土質の土を川底に敷いたりする。このような経験がないと想像力が欠如し、実際に地表あるいは地下で起こっていることが理解できないと考えられる。

今後、地学教育をどのようにするかということに対して、筆者は明確な答えは持ち合わせていないが、以上のようなキッチン地球科学的、あるいは身近な現象から類推するようなアプローチは継続して行う必要があると考える。

トンネルやダムなどの土木構造物を建設するに当たり、物理探査はどのような場面で使われるだろうか。設計あるいはそれ以前の段階において、概略的な地質構造・力学特性・水理特性などの把握、あるいは、土木構造物の建設中

におけるモニタリングなどに用いられる。物理探査の結果は、例えば「物理探査→設計→建設→運用」という流れに沿って利用されることが一般的である。これはいわばリレー方式というべきものである。物理探査の結果を設計者に提出してしまえば、その後物理探査結果がどのように利用されたかは、物理探査技術者に知らされることはほとんどない。従来は資源探査においても、土木物理探査と同じように「物理探査→掘削→生産→管理・運営」といったリレー方式が採用されていた。しかし、最近プロジェクトの最初からそれぞれの担当者が同じ神輿を担ぐようにして、同じ土俵で議論する方式を採ることから、御神輿方式と呼ばれる方法が採られている。この方式は、リレー方式より格段に生産性が向上するのだそうである。なにより物理探査の結果がフィードバックされ、次の物理探査技術の課題を明確にすることが可能で、技術の向上が期待できる。ただし、石油会社ではそれぞれの立場の人がひとつの会社の中に在籍しているため、御神輿方式にすることは容易である。しかし、土木建設分野では、全てをひとつの会社組織で行うことは現状では難しく、これが今後の課題となる。

近年はコンピュータ技術の進歩によって、比較的簡単にデータを取得し、データ処理を行うことが可能となった(ハードおよびソフトのブラックボックス化)。現場の経験が少なくても、装置やソフトの操作手順さえ覚えれば、もっともらしいきれいなカラー画像を得ることができる。しかし、それを技術の進歩と勘違いしてはならない。現場で取得したデータは、必ず室内に持ち帰ってデータの品質管理を行ったうえでデータ処理を行う必要がある。最近では、コスト削減と称して調査費用を削られることにより、室内解析がないがしろにされている感がある。このようなことを防ぐために、物理探査手法とその手順を基準化・標準化し、技術レベルを確保する必要がある。物理探査学会の標準化検討委員会ではそのような観点を含めて物理探査技術のマニュアル化を図っている<sup>11)</sup>。

コンピュータ技術の進歩により、物理探査の結果をあたかも人間が地下に潜り込んで肉眼で観察したような仮想現実(バーチャルリアリティ)<sup>12)</sup>を与えることが可能となった。このこと自体は物理探査の結果を誰にでも理解できる方法として有用である。特に前述の御神輿方式には欠かせない手法である。しかし、これにもメリットとデメリットがあり、データの取得から結果の表示まで、トレーサビリティと品質が確保されている必要がある。

物理探査は敷居が高いという話も良く聞く。物理探査学会誌や講演論文集などを見ても、複雑な数値計算や数値計算法に関する記述、あるいはそれらに関する専門用語が多く掲載され、見慣れない者に拒絶感を抱かせる原因となっている。数式などをやさしく解説することは非常に難しい。一方、数式ほど慣れればこんな便利なものはない。こ

の矛盾の解決方法も課題である。

数値計算に関する論文の中には、現実には存在しない数値モデルや数値計算が報告されている。筆者の個人的な意見としては、現場や現場での計測を知らないからこのようなことが起こるのではないかと考えている。

最近の動向としてはロックフィジックスがキーワードとしてあげられる。これは、資源探査分野において、弾性波速度から孔隙率(間隙率)や、比抵抗から含水率を推定するような手法である。土木分野でも有名なS波速度とN値の関係などがある。今後このようなアプローチにより、今まで間接的な数値である弾性波速度や比抵抗が、より直接的な間隙率や含水率といった数値であらわされるようになり、御神輿方式の手助けとなるに違いない。

[鈴木敬一]

#### 4. おわりに

物理探査技術における技術の伝承について考えるために、土木建設分野における物理探査技術の発展の歴史とその中における技術の伝承について、筆者らが関わってきた3つの時代(発展期・拡大期・変革期)に分けて概観するとともに、筆者らそれぞれの考えを雑感風に述べた。本稿が、読者の皆様それぞれの分野で今後の技術の発展や伝承を考えていく上でのなんらかの参考になれば幸いである。

#### 参考文献

- 1) 産業技術総合研究所: HP (<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/exacts/index.html>), 2007.
- 2) 大矢 暁: 環境地盤工学における物理探査の役割, 環境と地盤探査シンポジウム講演概要集, pp. 15-24, 2001.
- 3) 萩原尊礼: 基盤面の傾斜が一樣でない場合の走時曲線解析法, 地震第1輯, 第10巻, 第11号, pp. 463-468, 1938.
- 4) 物理探査技術協会: 物理探査(十周年特別号), 第11巻, 第4号, 1958.
- 5) 物理探査技術協会: 土木弾性波探査法, 1977.
- 6) 大友秀夫: ジオトモグラフィ技術の現況, 物理探査, 第39巻, 第6号, pp. 384-397, 1986.
- 7) 物理探査学会物理探査要領作成委員会: 物理探査適用の手引き(特に土木分野への適用), p. 311, 2000.
- 8) 林信太郎・川野郁代: 世界一おいしい火山の本, 小峰書店, p. 127, 2006.
- 9) 西谷忠師・筒井智樹・坂中伸也: 物理探査をささえる若い人材に対する体験学習, 物理探査, 第59巻, 第6号, pp. 575-583, 2006.
- 10) 西谷忠師・筒井智樹・坂中伸也: キミもトライだ物理探査, 技報堂, p. 220, 2007.
- 11) Chiba, A. and the Advisory Committee on the Standardization: Attempt of the standardization for near surface geophysics, The 8th SEGJ International Symposium-Imaging and Interpretation, p. 35, 2006.
- 12) 松岡俊文: 地盤情報の取得と解釈技術, 土と基礎, 第52巻, 第4号, pp. 53-60, 2004.



## 温故知新 ～ボーリング技術の伝承～

にし え しゅん さく  
西 江 俊 作\*  
やま ぐち ひろ し  
山 口 弘 志\*

## 1. まえがき

全国地質調査業協会連合会も発足してから、今年で44年目を迎えた。当然ながら、全地連は、ボーリングの歴史とともに歩んだわけであり、従事したボーリングオペレーター（以下オペ）に換算するとほぼ3世代にわたるのではないだろうか。

初代は、炭坑の探炭調査や鉱山の探鉱調査に従事されていた方々が、エネルギー革命や列島改造の流れの中で建設関係の地質調査に従事されるようになり、未だに現役の方は珍しいのではないかと思う。

2代目は、初代が丁度、炭坑や鉱山から建設関係に轉身される頃に弟子入りされた人達であり、炭坑や鉱山の様子を覚えている方は半分くらいではないかと思う。その2代目も、そろそろ3代目に対する技術の伝承が本格化している時代を迎えた。

ところで、一口に技術の伝承と言っても、一体何をどのように伝承したらいいのであろうか。ボーリングは、道具を使って行う技術であるが、道具を製作するメーカーとそれを駆使するオペとでは、伝承の内容と方法は違うのかもしれない。

本稿では、ヒヤリング結果をもとに、2代目オペの立場からボーリング技術の伝承について考察してみた。

## 2. 道具の進歩

オペといえども道具の進歩改良に無関心ではいられない。というよりも、現場のオペの要望がメーカーを動かして道具の進歩に繋がったのであろう。そこで、これまでどのような道具の進歩があったかをオペの立場からまず振り返ってみよう。

## ① マシン

以前はハンドフィードであったが、今は油圧式となった。細かい給圧調節の点ではハンドフィードの方が有利だと思うが、ノウハウをメモに残すにはゲージ表示のある油圧式の方が適している

## ② ロッド等の昇降

当然のことながら、以前はロッドの昇降も人力であった。

ウィンチは高価なオプション品であった。そのうち、誰かがコーンプリーとトングを使ってロッドの昇降やモンケンのリフトを始めた。こんなに便利に感じたことはなかった。

## ③ ビット

今ではダイヤモンドビットやメタルクラウンが容易に手に入るが、以前は、今ではJIS規格からも廃止された鉄のショットクラウンが主流である時期があった。ビットに埋め込んだものではなく、手元から鉄粒を投入するもので、その際の送水量の調整が非常に難しかった。送水を多くすると、鉄粒が水に舞い上がり、掘れなくなるようなこともあった。ダイヤモンドビットやメタルクラウンの登場は本当に有り難いものであった。オペの中には、刃先に達する水の量を調節するために、自らビットに溝や孔を彫っているケースもあった。

## ④ 保孔

今では当然の如く使用するケーシングやベントナイトも、昔は高価であったので、保孔には粘土水を使った。とにかくスライムを溜めないように注意した。

## ⑤ コアパック

当初はこれを使わずに綺麗なコアを採るのが技術だと思われたオペもいたが、あまりに便利なので、あつという間に全国に普及した。

## ⑥ 泡ボーリング

泡の特性を活かして採取率向上を狙ったものである。当初は装置の価格・操作性・環境への影響等の面で問題が大いにあったが、近年では小型化・低価格化が進み、用水確保に難のある離島を抱える長崎県や鹿児島県では、オペが自ら所有するケースも増えている。

## ⑦ 泥水添加剤（ジェル）

粘性を有するジェルを掘削水に混ぜることにより、コアの流失や孔壁の崩壊を防止している。化学薬品の場合はボアホール撮影や環境への影響が多少なりともあるが、小麦粉（薄力粉、強力粉）は、これらの問題を微妙に改善できる点で便利である。

透水試験を行う孔での使用には向かないが、コア採取を優先する場合は便利である。

## ⑧ 足場

ケーシングの利用が少なかった時期は、直置きが主流で

\* 中央開発(株)

あったが、現在では足場仮設は当然の如く利用されている。足場に用いられる材質も木製足場から単管足場に替わり、より頑丈になった。当然、マシンのプレも少なくなり、作業性能も向上しているであろう。

以上のような道具の進歩あるいは改善は、単なる技術革新だけでなく、日本経済の発展の恩恵でもありと考えるべきであろう。今では1ドル120円前後であるが、2代目がオペとなった頃は360円の時代である。道具の進歩あるいは改善の中には、高価で手に入らなかったものが安価になって手に入るようになったものも多分にある。逆を言えば、経済情勢が悪くなれば手に入らなくなることもあるわけであり、その点を踏まえた工夫が必要になってくることも十分あり得る。

### 3. 現場技術の現時点における到達点

道具の進歩を受けて、それを駆使するオペの長年にわたる進歩の方向性は、ただひたすら次の2点を追い求めてきたと言えるのではないだろうか。

#### ① サンプルング

地盤の状態をできるだけそのままサンプルングする。すなわち、採取率100%の世界である。

#### ② 孔壁維持

孔壁を地盤そのままの状態維持させる。原位置での試験とともに、ボアホールカメラによる地質構造解析が年々重要になっており、そのための孔壁維持がサンプルングと同等の重みを持ってきている。

オペの技術の現時点における究極の成果として、右のようなコア写真とボアホールカメラ写真を添付した。これは、秩父帯の砂岩頁岩の破碎帯を採取したもので、2代目オペ（本人は初代のつもり）とその弟子と一緒にやって行った仕事である。発注者からの要求事項は下記のとおり、かなり難しいものであった。

- ・100%の採取率、構造明瞭。満足しない場合は掘直し。
- ・鮮明なボアホール画像。不鮮明な場合は再撮影。
- ・上記2点はコア箱1箱ずつチェック

この要求事項を満たすために、掘進速度を1.5~2m/日程度とし、ビット・泡ボーリング・ジェル（小麦粉）等の道具の粹を集め、かつ2代目オペの給圧、送水圧、送水量等に関する膨大なノウハウのメモを整理して臨んだ。

オペの誰しもがきれいなコア採取は非常に難しいと言うこの現場において、見事な技術を披露してくれた。得られた成果は、発注者から絶大なる評価を頂いたことを記しておく。

### 4. ボーリング技術伝承のポイント

ボーリング技術のうち、サンプルングや孔壁維持に関しては、ともするとオペの経験に基づく勘こそが技術であると見る向きがあった。

しかし、この2代目オペは、飲むと決まってそのような見解を否定し、次のような口癖を発していた。

- ・ボーリングの目的を理解すること。
- ・対応内容とその結果を記録に残すこと。記録はできるだけ数値で残すこと。

・勘や大体で行動してはいけない。あらかじめ計算した上で行うこと。例えば、セメンテーションを行うにしても、あらかじめセメント量を計算しておき、実際と計算が大きく異なれば、異常事態に気づくし、その程度がわかる。勘や大体で行動すると、異常事態に気づかないことが多いし、気づいてもその程度がわからない。

・若い時分に、先輩や同僚の成功失敗事例を自分なりに原因分析し、どうすれば良いかを考えた。

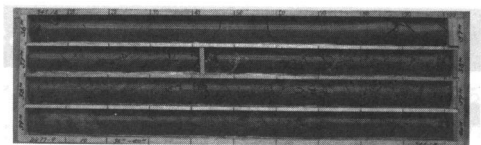
この言葉の中には、技術の伝承を考える上で重要な点が見て取れる。すなわち、下記の2点である。

- ① 2代目のボーリングのノウハウが数値化され、整理されているので、技術の内容が分かりやすい。
- ② 合理的な行動規範が明確に示されている。すなわち勘による判断を廃して計算による合理的な判断を行うこと、他人の成功失敗事例を謙虚に受け止めることの重要性を説いている。

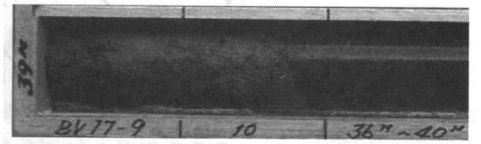
### 5. あとがき

ノウハウと行動規範を分かりやすい形で伝承するというのが、本論文の行き着いた結論であるが、それが正しいとは限らない。2代目オペの弟子は約10年間助手として師事し、つい先頃、3代目として独立した。本稿の結論が正しいと証明されるために、3代目が優秀なオペとして評価を受けることを期待してやまない。

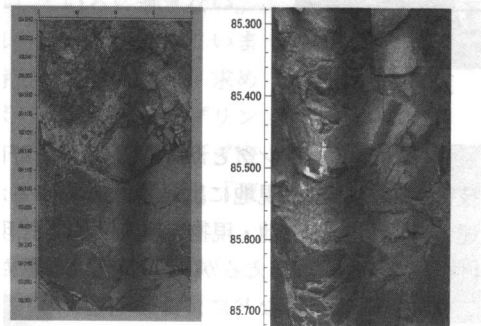
最後に、本稿に登場した2代目オペは、弊社九州支社の協力会社として長年従事したS.K氏である。紙面をお借りして、感謝の意を申し上げます。



コア拡大写真



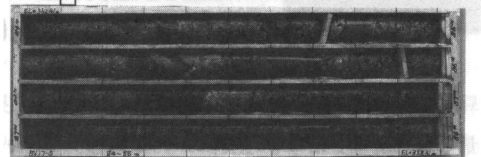
ボアホール映像



ボアホール映像



コア拡大写真



秩父帯 砂岩頁岩破碎帯の試料採取



■地質調査業における技術の伝承■

# ボーリング・サンプリング技術の 伝え方について

さか い かつ お  
酒 井 運 雄\*

## 1. はじめに

主に土質ボーリングとサンプリング分野に関して、調査技術者の立場で、現地に出かけ、ものにさわって、現場の人達と議論した「現地・現物・現人」の「三現」<sup>1)</sup>をベースに「何をどのように伝えるか」に着目して纏めたものです。

文章の変わり目などに、その内容とは直接関係のない写真を挿入しました。これは何か？と疑問を持ち、いろいろ想像し、気分を転換してから次に進んでください。(写真の簡単な説明は本稿の最後にあります)。

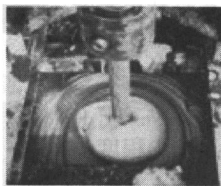


写真1

## 2. 「伝える」から「伝わる」に化ける方法

「全体像を感じ取れる」これが「受け手」がやる気を出す最初の第一歩です。全体の中で自分の立場は？ 役割は？何を期待されているのかを認識することが重要です。

仕様書とマニュアルを示し、〇日までにこの金額で完了せよ、ではマニュアルが如何に良いものでも一流の品質は到底期待できません。それどころか「やる気」も沸かない上に安全性にも懸念がでようと言うもの。自然相手の仕事なので現場ごとに条件は千差万別、その全てに対応できるマニュアルなどはないし、あっても持ち歩くこともできないほど分厚いものになるから。

この現場でのボーリングやサンプリングの目的、重要性、失敗のリスクなどの情報伝達が重要です。その上で、社内情報やweb情報を整理し、フォアマンと一緒に考えるところまでやれば合格です(技術者にとっても、重要事項を再認識できる重要なステップになる)。

さらに、サンプリングの質が悪ければ、高精度の試験をしても悪い結果しか得られないとか、最新の構成則搭載のコンピュータで計算しても「ゴミを入力すればゴミしか出力しない」など、例を挙げて説明できれば申し分ない。



写真2

「モチベーションが上がるように」してくれ！ 全体像が

おぼろげながら判った所で、次は「期待されていることを感じ」れば、誇りを持ち、「スーパー技術集団」に変身し、子供たちにも得意げに説明できる職業に！

3Kや談合など悪いメッセージばかり増幅しているが、この半世紀だけをみても地盤調査・建設産業の果たした役割は高く評価されるものがある(数千年前から政治=治水⇒+環境+防災へ、いずれも地盤情報が基本だ)。しかし、将来を託すべき「受け手」にとっては過去ではなく今の評価とこれからの期待なので、ロボット競技のような注目度の高いイベントを皆で考えてみませんか。

「経済的にも正当に評価」されると伝達効率がさらにアップして、お互いハッピーになると思う。これが非常に難しい。それは低価格が善みたいな一方的な風潮、自然に対する畏敬の念の欠如、結果として自然現象の全てがわかっていて当たり前のような勘違いが横行しているから。



写真3



写真4

## 3. 騙されない技術の伝え方

「華麗な騙し」の一例を披露します。液状化しやすい粒度配合の悪い飽和砂地盤で数台のマシンがSPTによる調査を行っていた。回転削孔、循環水は孔口から上がってこない。コーンブリーに巻いたロープでロッドを高速上昇、次にはあつという間にSPTサンプラーを急降下、着底直前で急停止させる熟練のわざ、何故こんなに速くできるのか、3mロッドはx本継で三又の上空高くそびえている。その手際の良さに感心し、つい近くに行きフォアマンと雑談した。メタルクラウンはチップが外側にはり出していない、つまり回転切削によるスライム量を最小にしてコアバーレルの中に土を取り込み、最後は送水を止め焼きつかせて試料の落下を防止してから一気に引揚げる。仕事が速いだけでなく、同じ方法で訓練された何台かのマシンによる調査結果のN値はほとんど同じ値であった。

一方、こちら(別の親方)のフォアマンはウイング付き

\* 基礎地盤コンサルタンツ(株)顧問 事業本部 酒井研究室

のビットで回転削孔し、ゆっくり引揚げ、作業のスピードが遅い上に  $N$  値がばらついている。 $N$  値が揃っている前者が確かな腕の職人とみなされ、後者は評価が良くない。

同じ頃、中掘杭の施工現場で上杭を接続しようとしたら下杭が見当たらないと緊急通報があったので再現実験をお願いした。下杭施工後コンプレッサーを止め、オーガーを引揚げたら下杭が3m沈下した。

両現場とも孔底地盤のボーリングが犯人であると確信したが、杭施工では大失敗と誰もが認め、すぐに回避法が検討されたのに対し、一方、SPTの方は大失敗とは想像もしないでかつ後工程の  $N$  値利用(設計)者から、ばらつきの少ないボーリングした方が好評、この較差が地盤調査評価の難しさを物語っている。

これは一例に過ぎないが、皆なでこのような騙しを一つでも多く見抜けるように技術伝達のメニューを豊かにしようではないですか。

#### 4. 直感力は物理学と反復で正しく育てよう

「尖頭鉋から平頭鉋へ」捕鯨の話です。鉋(もり)が空气中を飛び海水にもぐり鯨の背中に突き刺さり捕獲される。直感的には尖った尖頭鉋が良いに決まっている。ところが空気・水・鯨の単純な3相系なのに命中率がきわめて悪い。平田先生(東大物理学教授)が研究した結果、先端が平らな平頭鉋の方が格段に高い命中率であることが立証された(昭和41年の中等新国語教科書に載っていたとのこと)。

もっと複雑な地盤にコーンを貫入させるCPT、先端部が曲がって貫入し、よく壊れるようだ。それなのにこちらは尖ったままで傾斜計内蔵が良いとか不思議な世界である。

ボーリング・サンプリング技術についても間違った直感で長年正しいと信じてやってきたことがありそうです。

「直感反復訓練によって変える」のだ。工期がない、速く掘らないと間に合わない。こんな時、気分的には給圧を上げてビットを強く押し付けたい。泥水ポンプからの送水量も多くしたくなるのが人情。その結果は孔曲がりだ「隣の敷地を調査してどうする」と叱られる。こうすればこうなると解ってはいてもやっけてしまいがちだ。

話は飛ぶが、投げる・撃つ・切る等の前には体が勝手に微妙な準備動作をするため次の動作が見破られてしまう。剣豪などはその気配を感じさせず的確に素早く行動できるまで繰返し鍛錬するとか。

我々技術・職人も同じ人間なのだから経験したことや学んだことは、身体

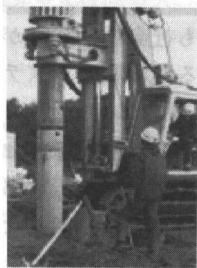


写真5

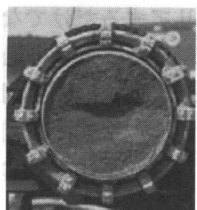


写真6

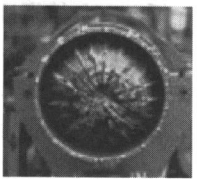


写真7

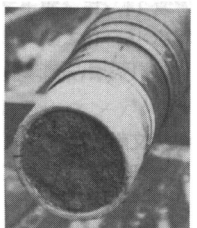


写真8

動作同様、直感が変わるまでトライしてみよう。

以上、二種類の是正すべき直観力について例示した。似たようなテーマを皆で集め、次の世代の「受け手」にきちんと伝えられたら剣豪ならぬボーリング・サンプリングの達人が増えるのではないかと期待している。

#### 5. 基準を超える技術の伝達を

「プロなら基準を超える」基準は最高レベルの技術ではなく、一般的地盤で皆がクリアできるレベルに照準をあて、使用する機器と手法もかなり緩やかな標準的仕様を示しているに過ぎない。

プロならそれを下敷きにして、いま遭遇している特定の地盤に対し、求められる品質のボーリング・サンプリングが確実にできるように五感を研ぎ澄ませて対応し、その経験を着実に「蓄積・伝える」ようにしたい。

それには「実務者として、基準などを鵜呑みにしない」で、本質を見極めようとするのが第一、強みは自分で納得できるまでやれることで、それにより本当の技術が進歩する。何故か解らないが数回成功したからといって、それがベストであるとは言えない。

例えば、ロッド径対孔径比と給圧による「蛇行・ローリング」関係/「固定ピストン式サンプラー」の固定とは、何故固定式が良いのか/軟弱地盤でのコアバーレル等の昇降速度・泥水の粘性・クリアランス等による孔内圧の変動とトラブル/サンプルチューブの摩擦と品質/ロータリー式サンプリング時の振動やバックラッシュ時の加速度と品質の関係等など、テーマはいくらでもある。

#### 6. 「伝わる技術伝達」のサブシステムを

フォアマンと技術者の役割分担は明確にされるべきであるが、最も大切なことは目標を共有し、同じ気配を感じ取れる共労関係があつてはじめて技術を効率的に伝えられるのではないか。

マイスター制度のような社会的システムがなく、日本では長年の習慣で、より現場作業に近い分野ほど一段低く(経済的にも)見られるふしがあるが<sup>2)</sup>、それぞれの持ち場のスペシャリティ能力による貢献度によって、正当な(双方納得できる)評価と処遇が行われるシステムが重要である。

冒頭の「伝える」から「伝わる」に化ける方法でも述べたが、このような基幹インフラが整備されれば個々も全体もモチベーションが上がり、伝える側は今まで以上に工夫し、受け手は単なる義務感ではなく積極的に未知の技術を受け入れ、さらに進歩させようと変化し始めることになる。

しかし、その先には厚くて高い壁がある。それは、高度に



写真9

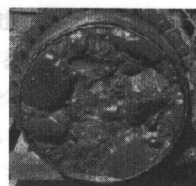


写真10

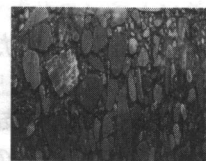


写真11

専門化・細分化した分野ができており、それぞれ短期の目標を持ち、「場が持つ気のずれ」等から建設の情報の流通が簡単にはよくなるためである。

現場技術の評価は、成果の利用分野である後工程で行われることになるが詳細に伝わっているであろうか。また試験、解析、設計技術者が現場作業を一通り経験していない場合（最近が多い）身勝手な評価にならないだろうか。

さらに、後工程からの品質に関するクレームが年々少なくなってきたことが問題である。結果的に、品質に対する評価が漫然となり、自己完結的・閉塞的になりがちであるため、技術の伝達側も受け手も「速く、安く、かつ良く」の技術が最優先される傾向がみられないだろうか。

これに対処するため、正規の評価情報伝達システムの他に、プライベートな情報交換ルートが錯綜する緩やかな補助システムが活躍することが必要となろう。そのためには、前・後工程の分野間の日常的交流が是非必要である。

## 7. 伝達された技術を乗り越えるために！

「フォアマンの技術は、建設産業システム内の暗黙知を含むかに見える職人の技はあるにしても、刀工や宮大工とは異なる（式年遷宮：産業や社会情勢が如何に変わろうが、すでに確立した伝統的手法で造営された伊勢神宮をプロセスも含めて同一状態で後世に残すため、690年以來1300数年10年間62回、20年ごとに遷宮する宮大工に代表される技能の伝承等とは本質的に異なる）。

ボーリング・サンプリング技術は、先端技術をいち早く取り入れたものであるのが本来の姿である。しかし、試験、施工などの分野の多くは先端技術を速やかに反映しているのに反し、現場調査技術の多くは前近代的なものが多いため、アンバランスが生じている。受け取った技術は改良して次の世代へ渡すことにしよう。

## 8. 技術を超えた伝達事項

医者が手術の全容を撮影したビデオテープを患者に渡す時代。安心して現場作業をするために必要な技術以前の基本的伝達事項を2~3例示する。「トレーサビリティ」調査結果に対して、技術以外の事項も含め



写真12



写真13

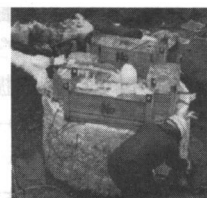


写真14



写真15

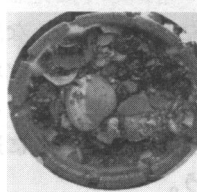


写真16

頼性とその立証責任が求められている。

人里離れたところでの孤独な作業環境でも社会的信頼性が確保でき安心感が得られる現場調査システムの構築が望まれる。

「フルセットコンプライアンス」「安全性・環境配慮・センスの良さ」も今後ますます重要な伝達事項になる。これからは法令遵守のみではなく社会的要請に対する満足度を上げることが求められている。現場での安全性は最重要事項であり、法的にクリアするだけでなく、安心感が持てる作業環境とするよう心がけなければならない。例えば、5S（整理・整頓・清掃・清潔・しつけ）を当たり前に行う習慣化など。

そして、各種の関連法規の遵守はもとより、現場の「気」を敏感に読み取り、SPT主体の調査でも打撃時の金属音が苦情の対象と感じたら、防音シートで囲い、さらにその環境にマッチしたかつ良さを感じてもらえる工夫などの気配りが望まれる。

以上は、現場作業で、個々の技術の伝達以前に、職場の雰囲気として共有する大事な伝達事項と認識したい。内容は時代とともに緩やかに変化するであろうが大切なことである。

## 9. まとめ

- 命令や義務感ではなく、誇り高き技術集団に変身させよう。
- 地中で起きている事象を正しくイメージする訓練で、騙されないようにしよう。
- 授かった技術は、先端技術で改良し、より良いものを次世代に渡そう。
- 技術より大切な社会人としての「思い・温かみ」を現場でも忘れずに。

### 写真説明

- 写真1 泡で削孔 KIH0（ミス）ボーリング  
 写真2~4 簡易土圧バランスサンプラー φ300 砂・砂礫, KIH0 式  
 写真5, 6 オイル抜きストレートエア式サンプリング φ300  
 写真7 水圧クラブ式コアキャッチャ φ300 砂礫試料脱落防止用  
 写真8 土圧バランスサンプラー φ75~125 地中応力保持型  
 写真9~11 大型一括凍結サンプリング φ300  
 写真12, 13 採取深度ごと偏芯部分凍結サンプリング, 1夜で凍結完了後サンプリング 砂用 ねじり試験 φ70 対応型  
 写真14, 15 凍土ブロック法（分流式コアリング）φ300 砂礫  
 写真16~19 GPサンプリング φ100, 150, 200, φ300（浅層のみ）  
 貝殻層, 礫交じり砂, 立川礫（水みち含む）, 立川礫と上総層

### 参考文献

- 1) 畑村陽太郎：技術の伝え方, 畑村式「わかる」技術講談社現代新書他：創造学のすすめ（講談社）。
- 2) 中村茂弘：技術・技能伝承術, 工業調査会。

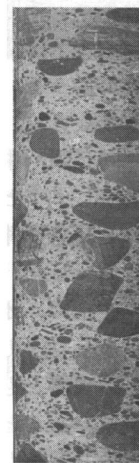


写真17

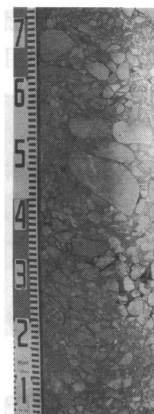


写真18

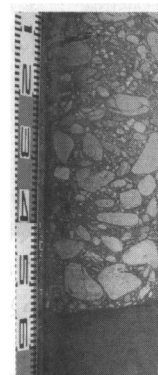


写真19



# サウンディング調査における技術の伝承

## ～サンプリング調査と比較して～

わた べ よう いち  
渡 部 要 一\*

### 1. はじめに

国土づくりは人類が文明を築き上げてきた歴史そのものである。国土が発展する過程においても、国土が成熟した時代においても、施設の更新、防災技術の向上、災害時の復興のために、文明が続く限り国土づくりが営まれ続ける。

文明がある程度発達し、国土づくりに必要な施設の大型化・高度化が進むと、地盤調査が必要になってくる。代表的な地盤調査技術がボーリング調査である。ボーリングによって削孔するだけでは、設計に必要な力学特性を得るには至らない。泥水掘削をせず無水掘りでコアを採取すれば、乱された土試料を採取できる。しかし、理学情報を得たり土質判別をしたりすることはできても、工学的にもっとも重要である力学特性を得ることはできない。このため、いわゆる標準貫入試験のように、ボーリング孔を利用して、ある深度の地盤を叩くことにより力学情報を評価しようとする調査も行われている。土質力学が発展し、各種室内試験が実施できるようになると、ボーリング孔を利用して、乱さない試料を採取するサンプリング調査も実務で行われるようになった。

国土づくりがある程度成熟してくると、データを蓄積してデータベースが構築されるようになってくる。これも、かたちを変えた技術の伝承の一形態といえるであろう。次世代のプロジェクトで活用することにとどまらず、地域の防災計画など、調査時の目的以外にも役立てられている。目覚ましい発展を遂げる情報処理技術を活用し、貴重なデータを次世代に伝承することは重要である。今日では、さまざまな地盤データベースが構築され、防災や災害復興など、リスクマネジメントに多方面から活用されている。

構造物に要求される性能が高度化し、設計技術も高度化してくると、ボーリングを基本とする調査では、費用も高く、調査本数が限られてしまうことが障害となってくる。このため、より簡便に、しかも精度の高い調査結果を得るために、電気式静的コーン貫入試験のようなサウンディング調査も採用されるようになってきた。

本稿では、サンプリング調査とサウンディング調査を対

比して、技術の伝承について論じることにする。標準貫入試験については、本来ならばサウンディング調査の一種に分類されるであろうが、ボーリングによる削孔を伴うことから技術の伝承という点ではサンプリング調査と共通点も多い。ここでは議論を簡単にするために、ボーリングによる削孔を伴わない貫入による試験をサウンディング調査と称することにして以下を論じる。

実務で最も多用されているサウンディング調査は、宅盤調査で頻繁に使われているスウェーデン式サウンディング試験であろう。その他にもさまざまなサウンディング調査方法がある。これらについては以下で記述する状況と異なるかもしれないが、筆者には残念ながらこれらの調査法の経験がない。そこで、本稿では、サウンディング調査の代表的なものとして、筆者にも経験がある電気式静的コーン貫入試験を取り上げたことをあらかじめおことわりしておく。

### 2. サンプリング調査の特徴

サンプリング調査は、ボーリングによる削孔を伴うので、素人には実施できない。足場ややぐらの組立て、ボーリングマシンの運転、各種ロッドの接続、掘進速度の調整、回転速度の調整、泥水濃度の管理、泥水圧の調整、ケーシングの設置、孔底の管理、サンプリング時のスライム除去など、さまざまなノウハウが凝縮した調査方法であるといっても過言ではない。まさに熟練がなせる技である。このような技術は、初心者がすぐにできるわけではなく、熟練技術者になるための訓練と経験が必須である(写真1)。作業員が、一つ一つの作業について「何故そうするのか」といったことを理解し、やるべきこと・工夫すべきこと・注意すべきことを自分で考えられるようになるためには、基礎的な知識も教育されていなければならない。かといって、教育による上辺だけの知識では不十分で、技能を身体に覚え込ませるためには、時間と根気を掛けた実習・経験も不可欠である。このように、サンプリング調査に関しては、次の世代への技術の伝承に膨大な時間が必要である。

これを上手くやってきたのは日本人の気質によるところが大きい。すなわち、親方と弟子との主従関係を受け入れ、

\* (独)港湾空港技術研究所 地盤・構造部 土質研究室 室長

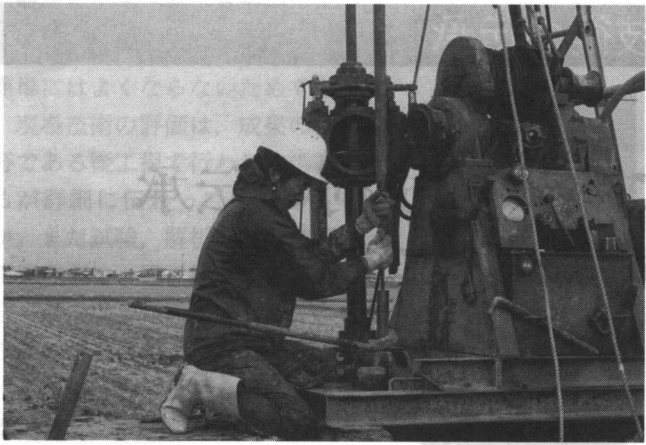


写真1 インナーロッドの接続。やぐらの上にいる助手との連携も作業効率向上のために重要。サンプリング調査は技術の伝承に基づいた熟練の技。

手先の器用さを活用し、加工技術の高さを世界に誇り、勤勉に働き、古くから高い教育水準を維持してきたことなどに裏づけられてきたといえる。軟弱地盤に適用する固定ピストン式シンウォールサンプラーなど、基本原理は海外の技術を持ち込んだものであっても、見様見真似で装置を作ることから始め、高い加工技術と創意工夫によりサンプラーを独自に改良して、日本の地盤に適したかたちで使ってきた装置もある。これは、高品質サンプリングを実用化し、器用にそれを使いこなし、職人的な師弟関係によって教育と技術の伝承が上手く噛み合ってきた一つの事例であるといえる。ハイテク技術とは無縁であるが、たとえローテク技術であっても、熟練がなせる技が高品質を実現してきたのである。

しかしながら、近年では、成熟した社会の中で、きつい肉体労働に加え、泥で汚れ、危険も伴うことから、若手がボーリング技術者になることを敬遠するようになってしまった。長く苦しい修行を通じた訓練をこなさなければ、一人前になれないことも若者を惹きつけないようである。このため、高齢化が進み、技術の伝承が途切れてしまうといった深刻な問題が生じてきているのも実情である。

### 3. サウンディング調査の特徴

代表的なサウンディング調査として、電気式静的コーン貫入試験について以下で議論する。電気式静的コーン貫入試験は、サウンディング調査の中の代表的なものとして位置づけられ、欧米各国では地盤調査の主流をなしている。貫入機、コーンプロブ、ロッド、アンブ類、データ記録装置などがあれば、初心者でも比較的簡単に調査を実施することができる。今日の電気式コーン貫入試験の時代が来る前は、ダッチコーン（オランダ式二重管コーン）貫入試験が行われていた。これはロードセルなどによる電気計測技術がまだ発達する以前に、ロッドと地盤との摩擦の影響を小さくして先端抵抗を精度良く計測できる工夫がなされたもので、メカニカルなシステムを使って試験を行うには、さまざまなノウハウがあったように思われる。しかしなが

ら、もはやダッチコーンの時代ではなく、電気計測可能な小型センサ類を内蔵したコーンプロブを単純に貫入するだけの電気式コーンにほとんどが置き換わっている。

電気式静的コーン貫入試験は、電気計測であるという点では、ボーリング調査に比べて少しだけハイテクである。しかし、作業は単純で、貫入速度を基準どおり（通常は1~2 cm/s）に管理することと、ロッドの長さにより貫入長を管理することくらいをしっかりとやれば一通りの調査はできる。

サンプリング調査では、ボーリングオペレータの技術力が、作業効率のみならずサンプリングされた試料の品質に直接的に反映される。こういう点において、調査結果は技術力に対してきわめて敏感である。しかしながら、サウンディング調査では、調査結果は試験装置の技術力に対してきわめて敏感であっても、作業員の技術力に対してはあまり敏感ではない。すなわち、たとえ作業員が未熟であっても、ハイテク技術によって、作業の単純化を実現するとともに、試験結果の信頼性が高められているといえる。

上述のように、日本では、実務でも多用でき、かつ、室内試験に供するような高品質な試料を採取できるサンプラーを早くから実用化してきた。その技術は、もはや改良の余地がほとんどないほどまでに完成されている。もちろん、従来のエクステンションロッド式に代わって水圧式サンプラーが多用されるようになるなど、作業が複雑で技術者の熟練を必要とする部分を中心に装置の改良が進み、品質の維持を前提とした作業の効率化が進められてきた。ところが、高品質試料を採取できる実用的なサンプラーを持たない欧米では、早くからサウンディング調査に力が入れられてきた。

近年、経済の発展が著しい東南アジア諸国でも、国土づくりは急速に進み、先進国の技術を導入して各種のインフラ整備が急ピッチで進められている。これに対応して、地盤調査も盛んに行われている。本来であれば、この段階では、かつて日本が経験してきたように、サンプリング調査をもっと多用して技術力を磨き上げるべきである。ところが、ボーリング技術者たちは、ある程度の訓練や経験を有していても、残念ながら、一つ一つの作業について「何故



写真2 ベトナムでのサンプリング調査。有能な作業員であるが、伝承技術そのもののレベルがまだ低いのが残念。

そうするのか」といったことを理解するのに必要な知識が教育されていないように思われる(写真2)。「何故」という部分がわからなければ、技術者は自らに与えられた命題である試料を採取することさえ実現できれば、それで満足してしまう。如何に高品質のものを試験室に送り届けるかまでは考えが及ばない。筆者の経験でも、東南アジアのいくつかの国で調査を見たことがあるが、孔底管理はいい加減で、スライム除去もせず、試料に衝撃を与えないような気づかいもなかったりすることがしばしばである。高品質な試料を採取するには適さないオープンドライブ式のサンプラーを使い、しかも手入れがなされていないことも手伝って、現場で試料を孔底に落としてしまったりするなどの失敗も多く、試料を地上に上げることに四苦八苦している状態もたびたび見かけた。ましてや、緩衝材もなく採取試料をトラックに詰め込み、悪路を走って試験室に運んでいるのでは、高品質試料は望めない。

このような背景から、試験室で得られる土質試験結果も

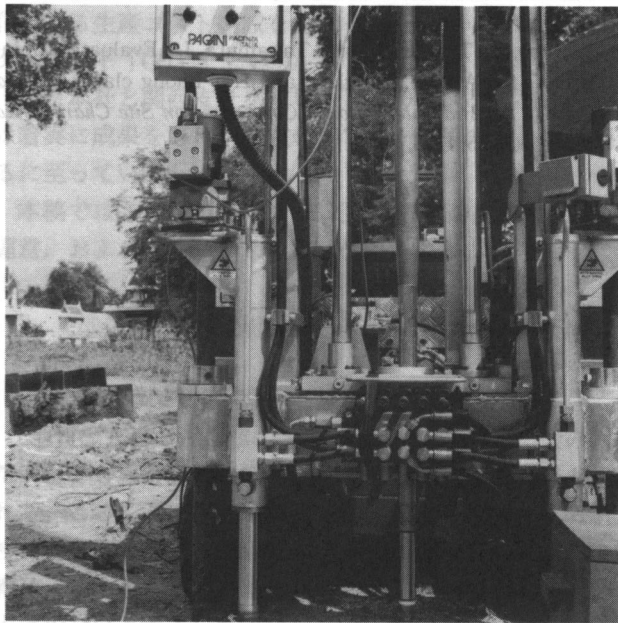


写真3 タイでの電気式静的コーン貫入試験の様子。初心者でも信頼できるデータが得られる。



写真4 ベトナムでの電気式静的コーン貫入試験の様子。

まともなものが得られず、優秀な設計者であれば、もっと信頼性の高い調査法を望みたくなる状況にある。本来ならば、似たような軟弱地盤が多い日本の技術をもっと導入すべきであると個人的には感じるが、日本では相変わらず職人的要素の強いサンプリング調査を多用しており、その技術を導入するには敷居が高そうである。そこで、欧米などに目を向けると、電気式静的コーン貫入試験に代表されるようなサウンディング調査が多用されている。サウンディング調査は、装置さえ購入してしまえば、経験がないと作業効率は上がらないかも知れないが、少なくとも信頼できる試験結果を誰でも容易に得ることができる(写真3, 4)。さらに、ボーリング孔の掘進に泥水を用いるサンプリング調査のように、作業員が泥まみれになって働くことも少なく、少しだけハイテクなサウンディング調査は、若者にとって魅力的ですらある。

一見、誰にでもできそうなサウンディング調査ではあるが、電気計測に頼っている部分については、デリケートな作業でもある。どのような環境・状態でロードセルや水圧計の初期値を取るのかはきわめて重要である。特に軟弱地盤の調査では、初期値の取り方次第で結果に重大な影響を及ぼすほどに差が現れる。さらに、なかなか気づきにくいことであるが、電気式の計測機器は温度変化に敏感である。ひずみゲージ式センサなので、温度補償ゲージが付いているから大丈夫と思いがちであるが、装置自体のゆがみなどにより、温度変化による影響は無視し得ないほどに現れる。地上でのゼロ点補正は、例えば夏は気温30度、冬は気温10度の下で行われるかも知れない。炎天下の下では、装置の温度は50度くらいまで高くなっているかも知れず、冬の寒い日は、装置が氷点下5度くらいの冷たい状態になっているかもしれない。サンプリングされた試料の室内試験では、試験室を気温20度程度に一定に保持した恒温室の状態にして実施していることを考えると、サウンディング調査についても、各種センサ類のゼロ点補正時の温度の管理に加え、地盤中の温度に対する補正なども必要であろう。また、間隙水圧計に繋がるセラミック等の脱気を十分に実施するなど、間隙水圧を精度良く計測するための努力も怠ってはならない。このように、サウンディング調査は、誰にでもできそうな調査方法ではあるが、本来は細部にこだわって、信頼性を向上させる努力が要求されている調査法であるという側面も有している。

サウンディング調査は容易に信頼性の高いデータを得られる調査法であるといえる。しかし、サウンディング調査から直接得られるものは、非排水せん断強さのような地盤パラメータそのものではなく、それと何らかの相関をもった指標に過ぎない。サウンディング調査とは、あるパラメータ( $N$ 値、先端抵抗 $q_t$ 、間隙水圧 $u$ など)を求め、これと非排水せん断強さや地盤剛性などの土質パラメータとを関連づける関係式を用いて、土質パラメータを間接的に推定するような原位置試験による調査のことである。相関関係は、理論に基づいたものもあるが、経験に基づいて決められたものが多い。電気式静的コーン貫入試験の場合、水圧補正した先端抵抗 $q_t$ を用いて、非排水せん断強さ $c_u$ は



$(q_t - \sigma_{v0})/N_{kt}$  で表されるとされている。ここに、 $\sigma_{v0}$  は全応力で表した土被り圧、 $N_{kt}$  はコーン係数と呼ばれる定数である。 $N_{kt}$  の値は 5~20 の範囲にあると言われているが、どこでも通用する万能な値があるわけではなく、調査地点において適切な値を設定しなければならない。そのためには、調査地点近傍でのサンプリング調査と室内試験を併用して、あらかじめ  $N_{kt}$  の値を評価しておくことが望ましい。相関関係を決める係数などをしっかりとキャリブレーションするためには、サンプリング調査や室内試験との連携が欠かせない。ところが、電気式静的コーン貫入試験が多く実施されている地域では、高品質試料を採取できるような実用的サンプリング方法がないことも多く、 $N_{kt}$  を適当に 10 と設定してしまっていることも多いので注意が必要である。

#### 4. まとめ

本稿では、国土づくりに必要な地盤調査技術に関連して、サンプリング調査とサウンディング調査の特徴をそれぞれ比較することを通じて、サウンディング調査における技術の伝承について論じた。作業員の熟練技術が必要なサンプリング調査に比べて、サウンディング調査では、初心者でも高品質な試験結果を得やすいといった利点がある。しか

しながら、電気計測に頼るセンサ類の取り扱いがデリケートである。また、得られた結果を地盤パラメータに変換するための相関関係をあらかじめ用意しておかなければならず、サンプリング調査や室内試験との連携も欠かせない。調査技術の伝承という点では、サウンディング調査は、技術の伝承が比較的容易であり、次世代型の調査技術ともいえる。すぐに高品質なデータが得られるという意味では、投資に対して得られる結果の初期値は高い。しかし、デリケートな部分もあり、サウンディング調査を極めるためには、やはり熟練が必要である。技術の伝承を怠ってはいけない。そもそも、サンプリング調査の大変さを十分に経験した作業員が、容易にできるサウンディング調査のありがたさを実感するといった過程を経ることが理想である。容易な作業の方を先に経験してしまうと、苦勞を知らずに、そのありがたさを当たり前であると感じてしまう恐れがある。そのとき、技術の伝承は、単なるマニュアルの伝達になってしまうかもしれない。

#### 参考文献

- 1) Watabe, Y., Tanaka, M. and Takamura, J.: Evaluation of in-situ  $K_0$  for Ariake, Bangkok and Hai-Phong clays, *Proceedings of the 2nd International Conference on Site Characterization*, pp. 1765-1772, 2004.

# 技術の伝承—個人から組織へ—

## 応用地質の GTC を例として

なが せ まさ み  
長瀬 雅美\*

### 1. はじめに

応用地質株式会社（以下「応用地質」という）では 2005 年 4 月に東京本社と関西支社に地質調査技術の伝承と内製化による生産コスト縮減を目的としたジオテクニカルセンター（以下「GTC」という）を設立した。

東京本社と関西支社を皮切りに取り組んだ GTC の活動は着実に成果をあげ、現在は GTC を全国の支社に展開するに至っている。

本稿では、応用地質における GTC 設立の目的と GTC の運営、および GTC の成果などを紹介する。

### 2. 地質調査の面白さを若手に伝承するために

#### 2.1 地質調査の面白さ

「地質調査はどんな事をする職種ですか？」と一般の人にたずねても地質調査の内容を知っている人は少ないと思われる。このことは、地質調査業の企業に入社してくる新入社員にもあてはまり、Web 等の情報によってさまざまな情報は入手できるものの地質調査の細かい内容を知っている人は少ないと考えられる。

地質調査は、さまざまな建設関連業の中でもかなり面白い業種である。これは、地質調査が扱う対象物が自然の地盤であるため、コンクリートや鋼材のように期待される強度や剛性が規格化されて定まっていないためである。

地盤を工学的に評価するためには対象物に応じた適切な地質調査が必要であり、得られた結果を正しく評価する必要がある。地質調査の面白さはここにあり、技術者の経験や知見によって同一対象地盤でもその評価が異なることが特徴的である。

また、適切な地盤評価のためには既往資料検討、現地踏査、現地調査、室内試験などの多くのプロセスが必要となり、各々のプロセスの結果がすべて最終的な評価結果に影響を与えるため、評価者はすべてのプロセスの内容を把握・理解していないと妥当な評価ができないことも特徴の一つである。つまり、地質調査で地盤を評価するというこ

とはかなり職人的で、かつ技術的であると考えられる。

現在、地質調査も調査機器や調査手法の規格化、標準化が進んでいるが、各々の評価結果に技術者の力量が大きく影響を与えることは間違いのない事実である。地質調査に携わる技術者は、総合的な技術力が要求される医者に良く似た職種であると考えることができる。

#### 2.2 地質調査の技能と技術

地盤の特性をより正確に把握するためにボーリング、原位置試験、物理探査、室内試験などが行われる。これらの調査は、すべてに対して相当の技能と経験などの技量が必要であり、技量によって結果が異なる。たとえば、地盤の強度を室内試験で把握する場合には、ボーリングの掘進、不攪乱試料採取、試料の取り扱い、試料の整形、せん断試験などのすべてのプロセスが重なり合って結果に影響を与える。結果に対する影響の度合いは、一般に強度が下がる方向に作用し、影響程度は比較するデータがない場合に定量化ができない。しかし、得られた結果を評価する時に、結果が理論的に説明できるかどうかなどを詳細に検討すれば総合的に結果の妥当性を評価することが可能となる場合もある。地質調査で要求される総合的な技術力とは、個々の調査項目における技能とそれを評価できる技術の両者の総和である。ここにも地質調査の面白さが存在し、地質調査における技能と技術の大切さが存在する。

#### 2.3 若手に伝承すべき技術

近年はあらゆる技術が高度化してきた。このため、技術者も専門分野の分化が進み、かなり狭い分野で先鋭化する傾向がある。また、地質調査関連の企業に入社する新入社員も高学歴化が進み専門性が高くなってきており、自分の専門分野をあらかじめ決めている場合もある。しかし、地盤を対象とする技術者は、ある一定の期間、さまざまな地盤に関する現場経験と現場に密着した技術を経験することが必要であり、この経験が、将来必ず役に立つことになる。

若手に伝承すべき技術とは、優れた現場の技能とそれを解釈する技術力であると考えられる。

\* 応用地質(株)東京本社ジオテクニカルセンター センター長

### 3. 応用地質における地質調査技術の伝承

#### 3.1 地質調査技術の空洞化

応用地質は、本年度創業 50 周年を迎える。創業当初は「地質工学の創造」を経営理念として掲げ、地学と工学の融合を目指して発展してきた。しかし、バブル期には業務量が急増し、どうしても外注に頼らざるを得ない状況が生じた。

外注にあたっては協力会社の育成も考慮し、当社が持つ現場のノウハウや基礎的な技能などの教育も合わせて行われた。このような外注システムが確立されていく過程で、応用地質内のインハウス技術が次第に外注に依存するようになってきた。そして、業務を遂行する上で協力会社への外注割合が次第に膨らんでくるようになった。

さらに、近年、公共事業の縮減に伴って受注環境が悪化する中で、2004 年度には、応用地質単体で初めての営業赤字を計上する危機的な状況に至った。赤字の原因は受注額の減少と原価率の増大であり、原価率増大の大きな要因は外注比率の増大であった。このように、利益減少の原因は分かっていたものの、直ちに外注費を縮減するための内製化を実施することはできなかった。この理由は、外注部分を内製化したくても、それまで外注していた部分を内製化できる技術者の数がきわめて少なくなっていたためである。

外注が多くなった時期以降に入社した若手職員は、現場に係わる部分を外注するのが普通であると教育されたため、机上の段取りととりまとめはできても実際の現場経験がほとんどなく、いざ現場で作業をしろと言われてもすぐにはできなかった。また、調査の内製化実施可能な技術職員が減少した原因は、技術の空洞化だけでなく、当社が受注する業務の多様化にも起因していた。当社は、かつての地質調査を主体とする業容から次第に総合建設コンサルタントへと業容が変わっており、地質調査を熟知したベテラン技術者が環境部門や防災部門の技術者となって調査部門とは別の部署に異動しており、ますます調査部門の技術の空洞化が進んでいたためであった。

#### 3.2 ジオテクニカルセンター（GTC）の設立と目的

このような危機的な状況を変えるためには、社内の組織体制を変えて技術者の働き方を変える必要があると判断した。社長は、2005 年に「現場第一主義」、2007 年には「人材育成第一主義」という経営目標を打出しすべての職種で「現場第一主義」と「人材育成第一主義」を実践してきた。

技術分野では、「現場第一主義」を実践する組織として 2005 年 4 月に東京本社と関西支社に GTC を設立した。

東京本社と関西支社の GTC は、当初、約 80 人でスタートし、主に土質調査、地質調査、土壤環境調査、物理探査を専門とする職員および新入社員で構成した。2006 年には GTC を東北支社、中部支社、四国支社、九州支社に拡充し約 160 人体制となった。さらに、2007 年には組織を強化し GTC の体制は総勢約 240 人体制となっている。GTC における最大組織は、東京本社の GTC であり、2007 年 4 月現在で約 80 人の体制である。

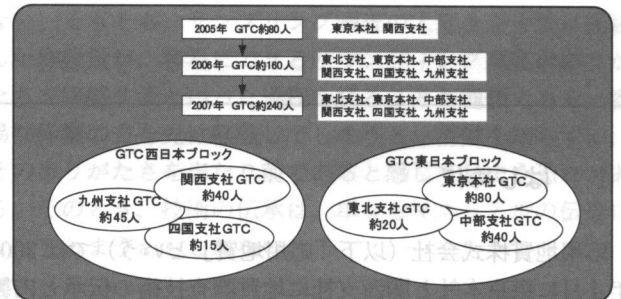
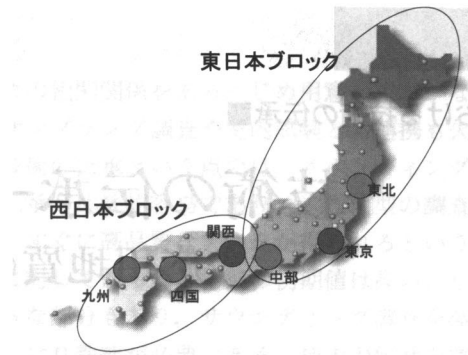


図1 全社の GTC 組織概要

GTC は、応用地質が応用地質としてあり続けるために必要な地質調査に関する技術を継承し、さらに発展させることを目標として設立した。また、GTC は応用地質グループ企業の中で、地質調査の中核としての機能を果たす組織として位置づけた。

GTC を設立するにあたっての基本的な考え方は以下のとおりである。

#### <GTC 設立の基本的な考え方>

- ・応用地質のコアとなる基礎的な技術を取り戻すために、「技術の空洞化」にいたる連鎖を断ち切る。
- ・GTC は、技術の原点である「現場」を自分たちの手に取り戻し、自分たちの手で自ら「現場」を実施することによって技術を継承していく。
- ・現場経験を積んで、基礎的な技術力を磨くことによって成果品の品質向上を図り、顧客満足を獲得する。
- ・これまでアウトソーシングに頼っていた現場技術を自分たちの手に取り戻し「現場第一主義」を実践する。
- ・「現場第一主義」の実践により、コスト削減を果たし収益構造を改善する。
- ・コストを下げながら自分たちの技術力を磨くことによって会社の利益を増大し、『夢のある職場、夢のある職業』を実現する。
- ・応用地質が半世紀にわたって築いてきた地質調査に関する技術をさらに発展させて次世代へ継承する。
- ・GTC の活動を全社に水平展開して「現場第一主義」と「人材育成第一主義」を実践していく。

#### 3.3 ジオテクニカルセンター（GTC）の組織

GTC は、これまでの組織概念を大きく変えた組織である。GTC では、全体を一つの大きな組織として考え、小さな組織の並列で生じる縦割りの弊害を解消することとした。このため、従前の部長、課長、係長などの職制を廃止



し、センター長、副センター長が組織全体の工程を管理する体制とした。また、組織運営を円滑にするために少数のモジュールを基本単位とする組織を作った。各モジュールにはチームリーダー、サブリーダーをおき、この下にモジュール班員を配置した。

このようなモジュール組織の特徴は以下のとおりである。

＜モジュール組織の特徴＞

- 緩いモジュール組織の採用により、大人数ではあるが非常にフラットな組織構築を実現した。フラット組織の中でセンター長と副センター長には大きな権限と責任が与えられている。
- 従前の組織では、比較的小さな組織でも部長、課長、係長などのラインがあり、場合によっては一般職員よりも管理職のほうが多いような組織も存在した。GTCではセンター長と副センター長に工程管理、労務管理などの管理業務を集中して、その他の技術職員が生産に集中できる組織を構築した。
- モジュール間の壁がないため、業務に応じて自由なモジュールを作ることができる。職員は同時に複数のモジュールにアサインされ、各人の能力、専門性に依じた分担業務を遂行する。さまざまな階層の職員でモジュールを作ることができるため、生産効率を高めることが可能である。業務の最終的なとりまとめはチームリーダーが采配して業務を完了させる。
- チームリーダーと同じテーブルで業務ができるため、若手にとっては非常に相談しやすい環境ができていく。日常会話の中でOJTが実践される。

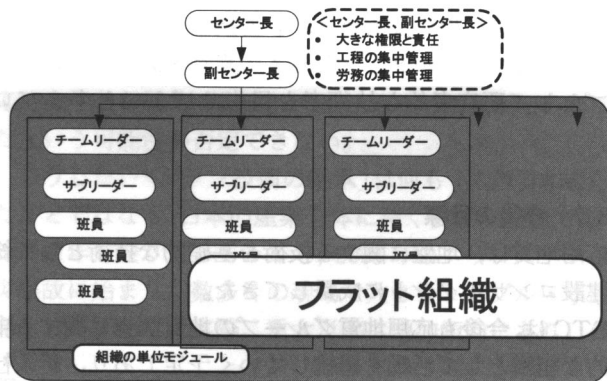


図2 GTCの組織

往々にして、建設コンサルタントの業務遂行は個人商店となりがちであるが、上記のような業務遂行体制の構築により、チームとしての組織的な遂行体制が構築され、業務遂行途中のプロセスにおける顧客満足も獲得できると考えた。また、フラット化した組織運営は技術職員の生産性を高める成果をもたらすとともに、各人の技術領域を広げるOJT効果をもたらすと考えた。また、東京本社GTCでは、地質調査にとって非常に重要な技術であるボーリング技術についてもボーリング班が稼動しており、ボーリング技術のOJTに大いに役立っている。

3.4 ジオテクニカルセンター (GTC) のオフィス

全国のGTCは、フリーアドレスの座席を採用している。これは、業務に応じてモジュール編成が変わるため、必要に応じて任意のメンバーが自由に集合してとりまとめや打合せができるように工夫したものである。

複数の職員と一緒に内業するときには、適当なテーブルに集合して打合せを行いながら作業を行うことができるし、ちょっとした打合せを行う場合にも会議室や特別の打合せテーブルを準備する必要がない。さらに、日中は職員が現場に出ることが多いためテーブルは比較的空いており、大きな図面を広げた作業も通常の執務場所で可能である。このようにフリーアドレスはきわめて合理的な座席の配置である。

座席がフリーアドレスであるため、各人には移動可能なキャビネットとノートパソコンを配備している。各人は、任意の場所に座ってLANケーブルを接続して作業を行う。電子データは、すべてサーバーで集中管理され、誰もが閲覧、参照が可能である。また、進行中の業務用資料は、大きな共通収納キャビネットを用意し、業務識別を行って管理している。

また、長期間の現場へ出ている職員への対応としてノートパソコン用のモバイルカードを準備しているため、現場で日常のメールや経理、勤怠処理が可能である。コンピュータは、従前、すべてデスクトップであったがGTCの設立を機にすべてノートパソコンに入れ替えた。モバイルカードは現在PHSを使用しているため若干通信速度に難があるが、日常の使用には十分耐えられる状況である。

現場におけるノートパソコンとモバイルカードの利用は、業務を効率化する上で非常に有効である。

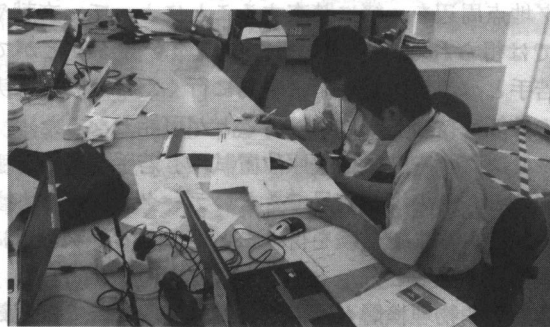


写真1 GTCの執務状況 (東京本社GTC)

3.5 ジオテクニカルセンター (GTC) の運営

GTCでは、フラット組織とモジュール組織の機能を最大限に活用した運営を行っている。GTCの運営方法を以下に示すが、この運営方法は全国のGTCですべて同様である。

＜GTCの運営方法＞

- GTCの労務管理、工程管理は原則としてセンター長と副センター長が行う。少数人数による管理手法の採用によって、意思決定の迅速化を実現した。
- 受注した業務を実施するために、工程管理者であるセンター長または副センター長が実施体制を構築する。実施体制の構築は業務の特性や要求される専門性を考

慮して複数の職員から構成される実施チームを編成する。この実施チームでは、業務ごとに業務実施の責任者であるチームリーダーを任命して業務を遂行する。

- ・チームリーダーやモジュールの班員は、さまざまな専門性を有しているが、若手に関してはあまり専門性にこだわらず種々の業務で現場を経験させる。若手に対してはこのようなOJTを優先して工程を管理する。
- ・業務の実施にあたっては、徹底した作業の分業化と集中化を行って生産性を高め工期の縮減を図る。

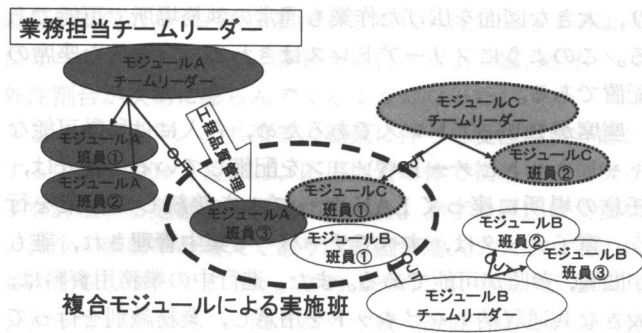


図3 複合モジュールによる業務実施模式図

### 3.6 GTCの成果

#### (1) 若手の技能取得と品質の向上

地質調査の現場では、教科書からだけでは得られない多くの技能や技術が必要である。若手がベテランと一緒に現場へ出てボーリングの現場に立ち会うことにより、土質観察が試料観察だけでなくスライムの観察や掘進時の状況を加味することによってより充実することや、標準貫入試験の打撃エネルギーの伝播効率がフォアマンの技量によって大きく変わることなど身をもって経験できる。また、ボーリング地点周辺を一緒に踏査することによって、文献や柱状図では得られないような貴重な情報も得ることができる。若手とベテランと一緒に現場に行くだけで若手は実に多くの技能や技術を身につけることが可能となった。

ボーリング調査時に行う原位置試験も若手が自らの手で実施すると、その場で満足できないデータが出たらもう一度納得ができるまで試験を行うことができる。次の日に試験結果を見て失敗と分かってももう遅いのである。

物理探査や物理検層も同様である。物理探査では記録をとった職員が現場での諸条件をすべて頭に入れて解析を行って最適な解析結果が得られる。他人が探査を実施して得られた記録を解析するのは大きな品質の違いが生じる。物理検層でも、結果は孔壁の状況に大きく左右される。自分で検層を行った場合には、その時の孔壁の状況や泥水の状況は十分に頭に入っている。他人が検層を実施して得られた記録を解析すると、自分が取得した記録を解析するのでは大変大きな品質の違いが生じる。

セルフボーリングプレッシャーメータの試験でも、掘進中の土質の状況を把握しながら緻密な制御を行うことによってきわめて品質の高い結果が得られる。

若手の技術職員が現場で経験を積むことにより、自分の

技術の幅を広げるとともに、原位置試験結果等の品質向上を実現できた。

現場で得られるデータの品質が向上することは、地質調査の最終成果である報告書の品質を向上させることでもある。自らが現場を管理し、原位置試験を実施した報告書は非常に生々しい内容が記載できる。たとえば玉石混り砂礫層の玉石の大きさを報告書として記載する場合に、単にフォアマンから報告される日報から玉石が存在すると記載するのと、自分が現場で経験した掘進時の状況を詳細に記載するのでは報告書の内容に大変大きな品質の差が生じる。

このように「現場第一主義」を実践して、若手とベテランと一緒に業務ができる環境を整備したことによって、技術の伝承と調査成果の品質向上の両面で具体的な成果が得られた。

#### (2) 技術の幅が広がることのメリット

技術が高度化して専門分野ごとの分化が細かくなると、いわゆるゼネラリストが少なくなる。最近はこのような傾向が強まり、顧客の要望に対して一人では応えられない技術職員が多くなっている。GTCでは、さまざまな専門分野の技術者がフラット化した組織内で状況に応じたモジュール単位で業務を行うことにより、必然的に技術の幅が広がるようになる。地質を専門とする若手職員が物理探査や物理検層を経験することによって自らの技術の幅を広げ、技術提案をするときには自分の技術として顧客に提案できるようになるし、顧客からの色々な要求にも応えられるようになる。同様のことは、土質の専門技術者や物理探査の専門技術者にも言えることである。

技術者には、I型とT型があるといわれている。GTCが当面、育成を目指す技術者は、T型技術者である。T型技術者としてコンサルタントとしての素養を磨き、次のステップとして研究者的な技術者を目指せばよいと考えている。

### 3.7 今後の目標

応用地質は、地盤に関する技術を基礎的な技術として総合建設コンサルタントに成長してきた。

GTCは、今後も応用地質グループの地質調査に関する中核的な組織として活動を継続していく予定であり、新入社員のOJTもGTCで実施していく予定である。

建設コンサルタントとしての技術領域は大変幅が広がってきている。GTCでOJTを受けた若手職員や新入社員は、それぞれの特性に応じて地質調査だけではなく、環境関連や計画、設計関連の職種に異動していくことになる。

地盤はすべての建設事業に密接に関連するため、地質調査以外の分野でも必ずGTCでの経験が役立つと信じている。応用地質が特色ある建設コンサルタントとして成長していく上でGTCの活動は重要である。この3年間のGTCの活動成果をふまえて、今後、GTCが応用地質の成長パイラルの軸となれるように努力したいと考えている。

■企業における技術の伝承■

# 技術の継承で2007年問題を解決する ～3つのアプローチと先進企業での実践事例～

はやし ひろ のり  
林 宏 典\*

## 1. 日本企業が直面する2007年問題と「技術の継承」の必要性

### 1.1 JR西日本の脱線事故はなぜ起こったか？

2005年4月、JR尼崎駅で発生した脱線事故は100名以上の尊い命を奪った。報告書によれば事故の原因は、ミスに対する過重なペナルティ、乗務員の適性の問題、過密すぎるダイヤ、列車自動停止装置の不備などが報告されているが、一つ忘れてはならないのが乗務員育成における「技術の継承」の問題だ。

図1はJR西日本の年齢構成である。旧国鉄時代に大量採用された社員はいまやベテラン50代となって退職しつつある一方で、本来主力となるはずの30代は民営化に伴う採用抑制で層が薄く、若年層がその穴を埋めていることがうかがえる。今回の事故の要因の一つとして、この人員構成のひずみを指摘しておきたい。もちろん「若いからといって未熟」とは言い切れないが、ベテランの危険予測・対応能力を若年層に「継承」する仕組みが機能していなかったという可能性が否定できない。

こうした「ベテラン技術の継承」は何もJR西日本に限ったことではなく、日本の産業全体に深く根ざす問題である。ここ数年を振り返ってみても、2003年のプリジストンの火災事故に始まり、数多くの現場で大きなトラブル・事故が発生した(表1)。実際、重大災害は増加傾向にあり、件数

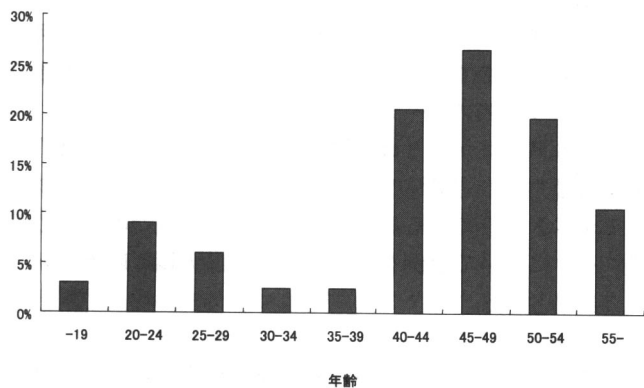


図1 JR西日本の年代別従業員比率(出所:JRガゼット2005年3月号)

\* リアルコム(株)ビジネスコンサルティンググループ シニアコンサルタント

表1 2003年以降の主な製造・建設現場の事故

企業名	発生	事故内容
日本原燃	2003/2	核燃料再処理工場内の燃料貯蔵施設で水漏れ
新日鉄	2003/7	八幡製鉄所で溶けた鋼が流出する事故
エクソンモービル	2003/8	名古屋油槽所のガソリンタンク火災
プリジストン	2003/9	栃木工場にて火災
新日鉄	2003/9	名古屋製鉄所の爆発・火災
出光興産	2003/9	北海道製油所の火災事故
ダイキン	2004/1	鹿島工場の爆発・火災
鹿島石油	2004/4	鹿島製油所火災・事故
関西電力	2004/8	美浜原子力発電所の蒸気漏れ事故
マツダ	2004/12	宇品第1工場の火災
旭化成	2005/1	東海工場の爆発事故
明和化学工業	2006/12	工場兼倉庫の爆発・火災
信越化学工業	2007/3	直江津工場で爆発・火災
川崎造船	2007/8	神戸工場でクレーン倒壊

(出所:新聞記事よりリアルコム作成)

にて最低だった1985年の141件から、2006年には318件と実に2.3倍にも達している(厚生労働省調べ)。災害増加の背景には、「ベテラン技術の継承」の問題が見え隠れする。

### 1.2 2007年、技術の継承が危ない

「ベテラン技術の伝承」が注目される一つの背景が「2007年問題」だ。本年2007年は、団塊の世代で一番多いとされる1947年生まれの人々が60歳定年を迎える年である。約300万人とも言われる団塊の世代が大量に退職することによって、ベテランがもつ高度な技術やノウハウが組織から失われてしまうのではないかと、これが「2007年問題」である。「高度成長期にプラントを新設したことのある経験者がいなくなってしまう」「旧型設備の保守が出来る人材が流出してしまう」といった問題に多くの組織が直面している。

一方、技術を継承される側の若年層はというと、コスト削減で要員がぎりぎりまで絞られている上に、新規の工事でも減少傾向にあり、以前のように余裕をもってOJTができる機会はほとんどない。現場業務は派遣・請負の外部社員ばかり。にもかかわらず商品の多様化により各個人が身



につけなければいけない技術の幅は増加傾向にあり、ベテランの保有する技術を若手に確実に継承することはますます困難になりつつある。

技術の継承ができなかった場合のインパクトは計り知れない。トラブルや事故といった直接的なダメージに加えて、品質・コスト・スピード（QCD）がじりじりと悪化し企業競争力は低下していく。そして、最終的には「モノ作り日本」の衰退へとつながりかねない。こうした日本の状況は、80年代の米国を髣髴とさせる。日本とのコスト競争のために、米国企業は生産設備を海外移転するとともにリストラを断行した。その結果、現場が空洞化しその結果として品質問題が多発した。これがさらに品質・コスト面での競争力を低下させた。アメリカの雇用全体に占める製造業の割合は、1960年代には30%以上だったが、2000年からの5年間で急速に雇用が縮小し、最近では10%以下となっている。米国の轍を踏まず日本企業の強みである品質・コストの競争力を維持するためには、なんとしても「技術の継承」を実現する必要がある。

## 2. 「技術データベース」の罣

それでは、どうすれば技術の継承が実現できるのか。技術の継承でまず真っ先に思い浮かぶのは「技術データベース」であろう。しかし、技術報告書や事例の情報がデータベース化されているだけで本当に技術の継承、つまりベテランの知識・ノウハウの若手への移転が起きうるだろうか？

もちろん、技術の継承の土台としてデータベース化は不可欠だ。しかしデータベースを作っただけで頓挫している組織も多い。これは、情報の活発な流通を促す、収集一活用一整理のサイクルの各段階でのハードルの存在である。

まず、「収集段階でのハードル」には以下が挙げられる。

- ① 「どんな項目で、どんな深さで、どんな内容を」がルーIALIZEDされておらず、不明確である
- ② 真に貴重なノウハウを持つ「スタープレイヤー」はそれを登録する暇とスキルがない
- ③ せっかく登録しても、どれだけ活用されているかわからず張り合いがない

「そもそも情報が集まらない、もしくはいったん集めても、その後自立的に成長していかない」というケースはこれに起因するものが多い。

収集段階を越えた組織は、次に「活用段階でのハードル」に直面する。これには以下がある。

- ① データベースの存在を知らないメンバーが多い
- ② メンバーからみて「使いやすい形」になっていない…粒度がばらばらであったり、背景が書かれていなかったり
- ③ そもそも、データベースを調べるより知り合いに聞いたほうが早い

「データベースにせっかく登録された情報が利用されない」というケースが、これにあたる。

「活用段階でのハードル」を越えられると、初期の立ち上げを成功させることはできる。だが、彼らが数カ月後、数年後に直面するのに最後の「整理段階でのハードル」がある。これには以下が含まれる。

- ① 「情報の整理、棚卸し」が定期的に行われなかったため、古い、またはわかりにくい情報がノイズとして残る
- ② 「情報の整理、棚卸し」をしたくとも、事務局側ですべての専門分野に精通しているわけではないため、情報の「質」を評価できない

「数年たつうちに次第に利用されなくなってしまう」というケースはこれが原因である。有用な情報がノイズに埋もれ、データベースが「ごみ箱化」してしまう例がよく見られる。極端な例では、数年ごとに同じようなデータベースを作り直しては放棄する、という状態を繰り返している例もある。ごみと一緒にせっかくの宝を捨ててしまうようなものである。

以上の問題が多く企業の起きている背景には、「データに偏った知識・ノウハウ共有」の限界がある。「データ中心」という考え方は「ベテランの頭の中にある知識・ノウハウを形式知化する」、つまり「データを個人から切り離す」という前提に基づいている。しかし、リアルコムはこの前提の実現可能性に疑問符をい置く。個人の頭の中にある知識・ノウハウは、① 形式知化できる割合が少ない、② 「Aのケースでは有用だが、B、Cのケースには適さない」といった状況依存性が高い、という二つの特性があるためである。

## 3. 「技術の継承」を実現するための3つのアプローチと実践事例

リアルコムはこれまで数多くの企業の「技術の継承」プロジェクトに関わってきたが、成功する企業の取組みを見ると、各社とも「技術データベース」といった「データ中心」の施策を行いつつ、同時に「人と人とのやり取り」や「人の頭の中に詰まっている知識・ノウハウ」に着目した「人中心」の施策を組み合わせることで知識・ノウハウの収集・活用・整理を実現させている。この取組みを整理すると、大きく分けて3つのアプローチがあることが明らかになった。この3つのアプローチとは、図2に示すように「A：OJTスキル移管」「B：技術の体系化・水平展開」「C：ナレッジ・コミュニティ」である。本稿では、これからこの3つのアプローチについて事例を交えて詳しく説明していきたい。

### 3.1 A：OJTスキル移管

最初のアプローチ「A：OJTスキル移管」は、ベテランが直接若手の仕事をサポートする中で、OJT(On-the-Job Training)によってスキル移転を図っていくという、「技術の継承」をストレートに捉えた取組みである。「OJTスキル

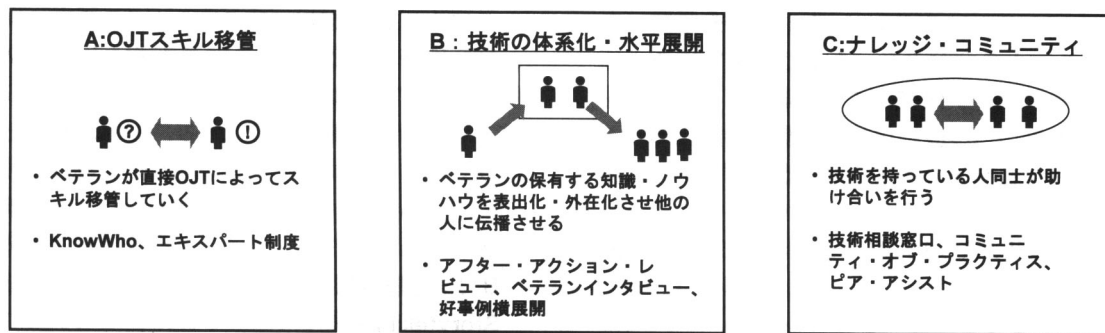


図2 技術の継承3つのアプローチ

移管」を実現するには以下、3つの方法がある。

#### A-1: KnowWho

「KnowWho」とは、「どのベテランがどんな技術・ノウハウを持っているか」を明らかにした「ベテラン人名録データベース」である。利用者は、このデータベースを使って適切なベテランを探し出し、直接 OJT や技術的サポートを得るのである。

ベテランを探し出す上でのヒントになる情報は何だろうか。多くの組織では、① 現在の職務内容、② 過去の経歴・参加プロジェクト、③ 専門分野、④ 関連資格を掲載、検索の対象としている。ポイントとしては、「顔写真」の掲載である。顔がわかるだけで、コミュニケーションはとりやすくなる効果がある。

#### A-2: エキスパート制度

「KnowWho」を作ればあとはベテランが勝手に若手を育成してくれるかという点、そんなことはない。ベテランが業務として積極的に技術の蓄積・移管と、若年層の育成に取り組むような支援制度を構築する必要がある。こうした支援制度として注目されているのが「エキスパート制度」である。組織によっては「技監」「専門職」「マイスター」など呼び方は異なるが、内容は同じである。最近の例で言えば、

- ・石川島播重工 (IHI) では原子力技術の専門家リストを作成、各技術の後継者を指名している
- ・三菱重工では、特定技術を持つ人材を「技監」、技能の最高峰の人材を「師範」とする称号を設け、人事給与面で優遇している
- ・前田建設では、協力会社で優れた技術を持つスタッフを「建設マスター」、人材育成に優れた成果を挙げた熟練指導者を「建設マイスター」として表彰する制度を実施している

といった取組みが各社で行われている。エキスパートは通常、フルタイムではなく通常の仕事をもちつつ技術の継承に取り組む位置づけであることが多い。

#### A-3: OB 活用

退職した後のベテランを組織のスタッフとして活用し、技術の継承に取り組んでもらおうというのが「OB 活用」である。2006 年 4 月に、60 歳以上の社員の再雇用や定年延長を企業に義務づける「改正高齢者雇用安定法」が施行されたこともあり、近年多くの企業がなんらかの高齢者雇用策を進めている。これを単なる義務の遂行ではなく、「技術の

継承」の機会として捉えるのである。

OB 活用の取組み例としては、

- ・三菱重工では E 社と総称されるエンジニアリング関係の子会社があり、年間契約によって優れた技術や技能を持つ OB を残しており、本社の社員が E 社に出向して安全解析技術を学ぶケースもある
- ・IHI では定年後の OB をアドバイザーとして積極活用する動きが本格化している
- ・大成建設は人材派遣会社大成スタッフサービスに登録した OB の活用を勧めている
- ・大同メタル工業では、退職した OB を教授として招いた「大同メタルカレッジ」を開催し、専門知識や独自ノウハウを若手社員に継承している

がある。OB の活用については、人事労務面やスキル・業績評価などさまざまな問題もあるため、早めに検討を始めるべきである。

#### 「A: OJT スキル移管」事例：エレクトロニクス A 社の専門職制度

エレクトロニクス大手 A 社では、社内外で通用する高度な専門技能を持つ社員を「専門職」として認める制度を設けた。技術、生産、品質環境、SE など、経営上重要な 20 の専門分野に対し、初年度となる 2005 年 4 月には 27 名を認定した。

「専門職」として認定を受けた社員は、専門分野やこれまでの実績が全社に公開される。認定により、給料は管理職とほぼ同等の水準になり、年商 10 億円以上のヒット商品を生み出せば発明補償金を得ることも可能である。その他、専門分野と異なる職務にはつかなくても良い権利、自己研鑽のために毎月 5 万円程度の手当や、最長 1 年間(うち 3 カ月が有給)の研究目的の休暇を得る権利を持つ。専門職の義務は、毎年 1~2 件以上の特許取得と、所属部門の枠にとらわれず会社に専門性を活かした貢献を行うことである。

初年度以降も志願者は増え、2006 年には認定数も 43 名に増加した。その分野のキャリアを希望する若手があらわれることで、事業上重要な分野での技術の継承が可能となっている。会社からの認知・待遇向上による技術者のモチベーション向上の効果も現れている。

#### 3.2 B: 技術の体系化・水平展開

しかし、すべてを「A: OJT スキル移管」に頼っていると膨大な時間とコストがかかってしまうし、「OJT だった

ら既にやっている。もっと効果的なアプローチはないのか？」と思われる方も多いだろう。そこで、OJT のみに頼るのではなく、ベテランが保有している知識・ノウハウを人手をかけてでも一つ一つ表出化、外在化させ、伝達できる形に落とし込ませ、共有・活用するというアプローチが必要になる。

この「B：技術の体系化・水平展開」について、表出化・外在化の3つの方法を紹介していきたい。

### B-1：アフター・アクション・レビュー

「アフター・アクション・レビュー (After Action Review, 以下 AAR)」とはいわば反省会である。プロジェクトや活動が終わった後に何が成功/失敗の原因だったのか、どのような教訓や示唆を学んだのか (Lessons Learned) を反省し、その知見を将来や他のプロジェクトで活用するという取組みだ。AAR は元々、米国陸軍で開発された手法であるが、現在では幅広く産業界で活用されている(図3)。AAR はプロジェクトや活動の特定のイベントが終了した時点で関係者を招集して開催される。レビューの内容はいたって平易で、

- ① どのような計画だったのか
- ② 実際に何が起きたのか
- ③ なぜそうなったのか
- ④ 教訓や示唆は何か、改善できることは何か

の4つのポイントをファシリテーターが中心となって議論する。AAR を実施することで AAR に参加した人にとっての学習となることはもちろんだが、AAR の結果を受けて、研修プログラムや業務手順の見直しを行うことで組織全体の学習へとつながっていく。

### B-2：ベテランインタビュー (Knowledge Harvesting)

AAR はプロジェクトや活動の節目に参加者自らが技術

を蓄積する試みであった。この「ベテランインタビュー」とは、技術を持つベテラン・専門家の知識・ノウハウを直接インタビューによって外在化させ、マニュアルや手順書・教育ツール等に落とし込み、組織の知識として活用しようというストレートな試みであり、欧米では「Knowledge Harvesting (知識の刈り取り)」という手法として広く活用されている。

### B-3：好事例横展開 (Best Practice Replication・Storytelling)

「好事例横展開」とは、組織の1カ所で起こった成功事例のエッセンスを抽出・ノウハウ化し、他の部門・地域に横展開する手法である。欧米では、「Best Practice Replication (好事例横展開)」と呼ばれ、活用されている。現場では、日々「よりよい仕事」を求める上でのプロセス上、技術上の工夫がなされており、それが大幅なコストダウンや先進的な商品開発などという形で結実している。ただし、この「工夫」は、そのままにしておくとその起きた現場だけで囲い込まれ、自然には組織内に広がっていかない。ある現場の成功事例を拾い上げ、組織内に伝えるという「仕組み」が必要なのである。

また、組織内に伝える方法としては、「報告書」というフォーマルな形をとることが多いが、「エピソード」「武勇伝」という物語形式が人間にとっては効果的である。例えば、3M では「大ヒット商品『ポストイット』の開発者アート・フライは、教会で賛美歌を歌うときに、聖歌集のしおりが良く落ちてしまうことから、『貼ってはがせる付箋』を着想した」という有名なエピソードがある。これが、3M の「アイデアを殺すな」という研究開発の考え方を研究者に伝え、リスクのある開発プロジェクトに取り組みせる上で効果を発揮している。こうした「エピソードを通じた伝達」を

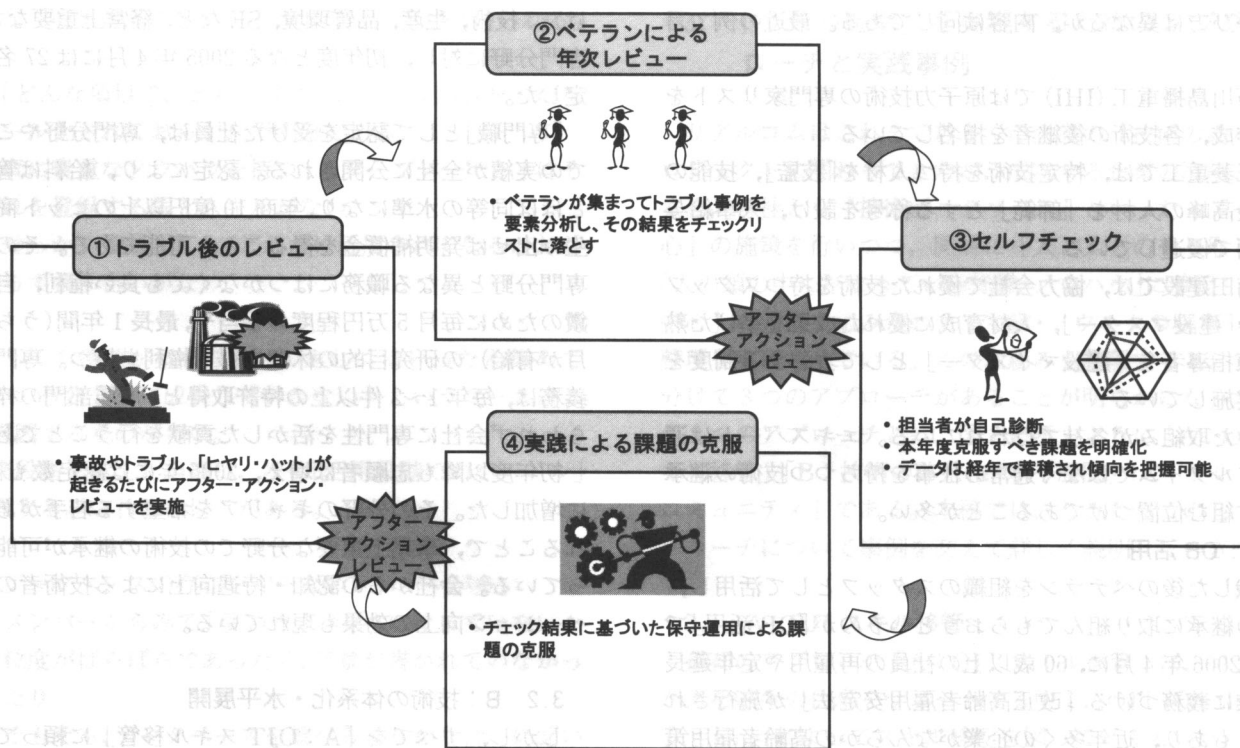


図3 アフター・アクション・レビュー



「Storytelling（物語る）」と呼ぶこともある。

### 「B：技術の体系化・水平展開」事例：シェルの「Best Practice Replication」

石油メジャーのシェルでは、各国の事業所で実施した「成功事例」を世界各地の事業所に横展開することで大きな効果を生み出している。シェルでは、

- ・他の事業所には展開されていない
- ・計測可能な金額的效果が実現されている
- ・文章化されており提供者の連絡先が記載されている

の3つの条件を満たした事例を「成功事例」として定義している。「成功事例」は各国の事業所から自発的に投稿されたり、事例発表会において発表されたりする。例えば、シェルの子会社「Pecten Cameroon」は、粘着性を低減させることでガス生産量を改善するという「成功事例」を投稿すると、その事例は世界中の17の事業所に展開・実践され、結果として年間9百万ドルの効果を生み出した。こうした「成功事例」の横展開でシェルは2000年に2億3700万ドルの効果を実現したと発表している。

### 3.3 C：ナレッジ・コミュニティ

ここまで読まれてきた方は、『「OJTスキル移管」『技術の体系化・水平展開』ともに莫大な工数がかかって大変だ。やはり、当社では技術の継承は難しいかもしれない』と思っているかもしれない。事実、どちらのアプローチも、多くの人と時間の投入が必要されるため、対象となる分野を絞って実施する必要があるものである。これに対して、より広い範囲を対象にした、もう少し「お手軽」な方法が最後に紹介するアプローチ「C：ナレッジ・コミュニティ」である。「ナレッジ・コミュニティ」とは、特定の専門分野に関与しているベテランと若手の間で、インフォーマルなグループを形成し、お互いに知識・ノウハウを交換し、相互助け合いをすることで知識レベルの向上を実現するという取組みである。この「ナレッジ・コミュニティ」には、「C-1：コミュニティ・オブ・プラクティス」「C-2：技術相談窓口」「C-3：ピア・アシスト」の3つの手法がある。

#### C-1：コミュニティ・オブ・プラクティス

「コミュニティ・オブ・プラクティス」とは、非公式に現場の技術者同士で特定技術に関する知識や技能を持続的な相互交流を通じて深めていく場のことを指す。専門分野における自己研鑽は本来個人で行うものだが、それを共通の専門性を持つ仲間と共有するのである。例えば、計装技術に関するコミュニティであれば、日頃の業務を通じて直面した課題、例えば試運転段階でのトラブルに対する対処方法などを議論したり、展示会で得られた最新の技術トレンドに対する資料・感想などを蓄積していくのである。個人にとっては、仲間から新たな視点、ヒントを得られるし、自己研鑽のモチベーションも保ちやすくなる。組織にとっては、個人が得た知識・ノウハウを組織全体の底上げに役立てることができる。

#### C-2：技術相談窓口

「ナレッジ・コミュニティ」を業務として公式に行うのが「技術相談窓口」である。「技術相談窓口」は、専門分野別

に、組織の中でもっとも知識・ノウハウが豊富と思われるベテランを選び、社内からの質問・アドバイス依頼の回答役を担当させるものである。

ある人が業務上の課題に直面したとき、解決の糸口を得るために、職場の先輩・同僚や同期といった「知り合い」に相談することが多い。ただし、一人のメンバーの持つ人的ネットワークは限定されていることが多い。特に若手や中途入社の場合は、このネットワークが限られているために、「ヒントを得るだけで一苦労」という例も多い。

その時に、例えば相談窓口が示されていれば役に立つ。ソフトウェア開発会社で「このシステムで最適な画像処理技術はどれだろう」と迷ったときにメールを送れば、社内のベテランから、何らかのレスポンスが3日以内に返ってくるのである。言い換えれば、社内の誰もが、「社内で一番のエキスパートの知識・ノウハウにアクセスできる」ということである。特に、国内外に多数の現場や支店を持つ組織では、地理的な距離が人的ネットワーク構築の限界となるため、「技術相談窓口」の効果が高い。

#### C-3：ピア・アシスト

「ピア・アシスト」とは、コミュニティ・オブ・プラクティス上で行われる「助け合い」の活動をもう一つの制度化である。「技術相談窓口」は、ベテランからメンバーへの支援であるが、「ピア・アシスト」はコミュニティのメンバー同士の一歩進んだ支援である。社内のある部門が課題に直面していたとき、それに役立つ知識・経験のあるメンバーがいる部門はニーズに応じた支援を行うのである。「一歩進んだ」という意味は、技術相談窓口の支援が、アドバイスとまりなのに対して、「ピア・アシスト」では、重要・緊急な場合には解決まで一緒になって業務に取り組むこともある。このためには、組織として「支援をした」ことを評価するとともに、支援にかかるコストを負担する必要がある。

#### 「C：ナレッジ・コミュニティ」事例：資源開発B社の「技術者コミュニティ」

資源開発B社は、国内外で石油・天然ガスの探鉱から開発、生産、輸送、販売までを行うエネルギー企業である。石油・天然ガスの探鉱・開発事業は、基礎的な調査から資源の発見に至るまでの探鉱段階において、多額の投資と長い期間を要する。さらに資源の発見後の開発段階においても、開発井の掘削、生産設備や輸送設備の建設などに多額の投資が必要となる。そのため、埋蔵量の維持・拡大、操業の安定化・効率化は、B社にとって重要な経営課題であった。石油・天然ガス等の探査や生産・輸送設備建設プロジェクトは、さまざまな専門性を持つメンバーからなるクロスファンクショナル・チームによって、地理的にも離れた場所で実施される。すべての案件にベテランが配属されるわけではないため、ベテランから若手へどうノウハウを移転するか、どう経験の浅いメンバーを距離、時差の壁を越えて支援するかが悩みであった。

この課題に対してB社では、イントラネット上にエンジニアの組織・場所の壁を越えた技術・ノウハウの共有を目的とした交流の場、コミュニティを設定した。このコミュニティは、図4のように油田の探鉱や生産設備の建設とい

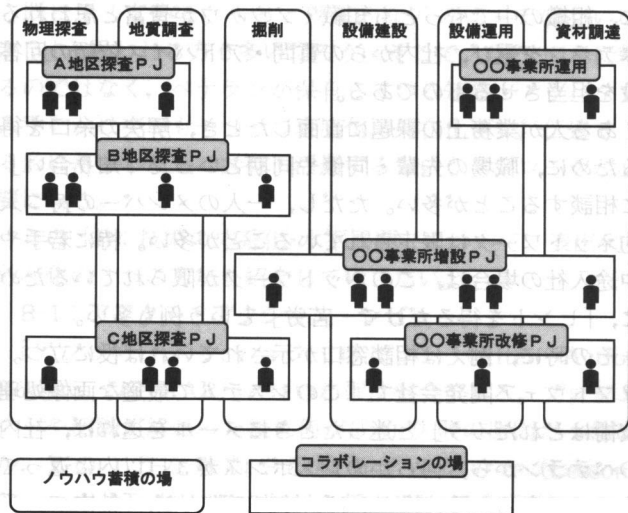


図4 資源開発 B 社での「技術者コミュニティ」

った実プロジェクト別の「コラボレーションの場」と、物理探査、掘削、設備建設、運用等の技術分野に設置された「ノウハウ蓄積の場」との2種類の場がある。

まず、「コラボレーションの場」では、プロジェクトにおける報告・連絡・ファイル共有に利用される。一方、「ノウハウ蓄積の場」では、専門分野に関する議論を行い知識を蓄積していくとともに、実プロジェクトの問題解決にも利用される。つまり、若手が問題に直面した場合、この場を借りてベテランに相談できるのである。

あるプロジェクトでは、メンバーに掘削エンジニアが若手一名だけ、ということがありうる。掘削困難な地盤に直面した場合、若手は「ノウハウ蓄積の場」で過去のノウハウ・事例等を検索するとともに、状況と課題を簡潔にまとめアドバイスを求める投稿を行う。そうすると、経験のあるベテランが、本社や地方拠点等どこからでも、解決のヒントをアドバイスするのである。より具体的なアドバイスを求めたい場合には、アドバイスをした当人に電話やメールを送り直接やり取りする、ということも奨励されている。

また、ベテランからの技術の伝承を促進するための施策として、専門分野別に「エキスパート」を選任し、技術の蓄積、開発に責任を負わせている。

プロジェクト型組織では、知識やノウハウがプロジェクトの中に囲い込まれがちである。B社では、この「コミュニティ」の仕組みにより組織・地理・時間の障壁を越えた支援、コラボレーションを実現するとともに、ベテランから若手へのノウハウの移転を促進している。

#### 4. 「技術の継承」を成功に導く3つの視点

以上、技術の継承を実現する3つのアプローチを見てきた。最後に、これからあなたの会社が技術の継承の取組みを行う時のために、失敗しないためのポイントをお伝えしたい。

##### 4.1 ポイント1：経営課題とリンクさせる

技術の継承の取組みを行っている組織に、「本プロジェク

トの目的は何ですか？」と聞くと「ベテラン技術の継承です」との答えが返ってくることが多い。この回答は一見至極もっともに見えるのだが、よく考えてみると手段が目的化している。「技術の継承」はあくまで課題解決のための手段であり、目的ではない。あくまで「製品開発の期間をより短縮させたい」「設計の不具合を減少させたい」「災害・トラブルの発生頻度を下げたい」という経営の観点から見た課題があり、それを達成するための手段の一つとして「技術の継承」があるのだ。

この因果関係を明確にしないで技術の継承の取組みをはじめてしまうと、① 技術の継承自体が自己目的化してしまう、② 経営トップからのサポート、現場の納得感が得られない、③ 分野を絞り込めずスピード感がなくなる、という弊害を生み、効果を生み出す前に頓挫してしまうことが多い。「なぜ、技術の継承を行うのか」をまず明確にすることを忘れないでいただきたい。

##### 4.2 ポイント2：日常業務の中に「技術の継承」を埋め込む

「技術の継承」に問題を抱える組織の多くは、これまでの業務の進め方が、① 属人的で標準化がなされていない、② 業務での工夫を周知したり、教訓を報告したりするルールがない、といったように、知識・ノウハウを共有化するプロセスが欠けていることが多い。逆に言えば、「技術の継承」をするためには、「新たな業務」つまり負荷が発生する。

ここで欠かせないのが、経営トップから「知識・ノウハウを共有化するために人と時間を割くこと」を「重要な業務として認める」ことである。どんなに素晴らしいITツールを導入しても、そこにノウハウを登録することが「ボランティア活動扱い」、つまり業務として認められなければ、浸透・定着は期待できない。

「業務」として認められても、登録や利用の負荷が高ければ、やはりメンバーはこれまでのやり方、つまり「周りの人、知り合いに直接聞く」という行動をとる。ポイントとしては「負荷をかけず、知らず知らずにノウハウがたまっていく」という形をとることである。

前出のB社では、全プロジェクトで、当社のナレッジマネジメントのパッケージ KnowledgeMarket のメール連携掲示板機能を利用させ、プロジェクトメンバー間のメールのやりとりをスレッド形式で残すようにした。これによって、プロジェクトメンバーの負荷は以前のメール利用と変わらないが、そのプロジェクトでの課題解決の経緯・ノウハウを会社全体で共有することができるようになった。

##### 4.3 ポイント3：「データ中心」だけでなく「人中心」の手法を

今回紹介した3つの手法は、「技術データベースを作る」という「データ中心」の発想ではなく、「人と人とのネットワークづくり促進」や「個人の頭の中に入っている知識・ノウハウ」に焦点を当てた手法であった。前述のとおり、「技術データベース」は土台としては必要であるが、それだけで技術の継承は実現できない。「人中心」の手法も組み合

わせた上で、必要な施策を考えていく必要がある。形が見えやすいため、まず「システム構築ありき」に陥りがちであるが、システムを活かす施策が不在のままでは、結果として全く使われないシステムになることは必定である。経営課題とのリンク、「人中心」・「データ中心」両面の施策、それを実現するシステム、この3つがそろって初めて、「技術の継承」が実現する組織ができるのである。

#### 参考文献

- 1) JR西日本 安全諮問委員会 最終報告書 ([http://www.westjr.co.jp/shimon\\_saishuu/](http://www.westjr.co.jp/shimon_saishuu/))
- 2) 厚生労働省:「平成18年における死亡災害・重大災害発生状況」
- 3) 「こんな会社で働きたい」, 日経ビジネス 2005年11月7日号.
- 4) リアルコム:「この情報共有が利益につながる」, ダイヤモンド社.
- 5) 山崎豊彦:「オイルフィールド・エンジニアリング入門」, 海文堂出版.
- 6) 藤田和男監修:「トコトンやさしい石油の本」, 日刊工業新聞社.

## 「地質と調査」投稿募集

当誌は、常日頃地質調査に携っておられる方々と、その周辺の方々とにご愛読いただけるように企画された雑誌です。特に、技術能力の向上を計ることの一助となり、それについて業界の発展に少しでも役立つことができればと願っております。そういった意味からも、多数の方からの投稿をお待ちいたしております。

学術論文的なものはもちろんですが、できる限り、毎日の現場で経験された事例に立脚した報告等をいただきまして、技術面の問題・情報の交換など、十二分にこの誌面をご活用いただきたいと存じます。

#### 要 項

##### ●掲載ページ 4ページ以内

400字詰原稿用紙20枚以内(図表・写真を含む)。

ページ数を超えた場合には、ご諒解を得た上で、削除あるいは分割掲載することもありますので、お含みおき下さい。

##### ●原則として、寄せられました原稿は返却いたしません。

##### ●寄せられました原稿の採否、掲載号、用語等につきましては当編集委員会にご一任下さい。

##### ●掲載いたしました原稿については規定の原稿料をお支払い致します。

なお、掲載いたしました内容に対するご意見、これからの掲載希望の分野(項目)、質問などおよびその他のお問合わせは下記をお願いいたします。

社団法人 全国地質調査業協会連合会事務局

電話 03(3818)7411

株式会社 土木春秋社

電話 03(3370)5020



# 各地の博物館巡り

## 滋賀県立 琵琶湖博物館

—湖と人間・よりよい共存をめざして—



博物館正面

### はじめに

真夏の訪れも近い7月下旬、妻と二人で「滋賀県立琵琶湖博物館」を訪れました。

この琵琶湖博物館は、平成8年10月に、琵琶湖畔の一角にある烏丸半島に開設されました。湖をテーマにした博物館としては日本一の規模をほこります。

琵琶湖博物館は、研究・調査に基礎をおきながら、交流・サービス、情報の収集・発信、資料整備、展示を総合的に行うことによって琵琶湖とその集水域および淀川流域の自然、歴史、暮らしの理解を深め、これら琵琶湖地域の人びととともに「湖と人間」の新しい共存関係を築いていくことをめざしています。

琵琶湖の歴史は古く、遠く400万年前まで遡ることができます。

「琵琶湖はどの様にして出来たのか、琵琶湖に住む生物たちの進化のドラマ、湖畔でその恵を受けながら暮らしてきた人びと」

琵琶湖博物館はそんな湖と自然、人間とのよりよい関係を目指すための入口です。琵琶湖の足跡をたどりながら、私達の暮らしや、これからの自然との関わりを考えることができる、そんなゆったりとした時間を提供してくれる場所でありました。

### 施設の概要

図1に館内案内図を示します。琵琶湖博物館は、大きく分けて5つの展示室から構成されています。

#### ■ A 展示室「琵琶湖のおいたち」

滋賀の大地がどのようにしてでき、琵琶湖がどのような

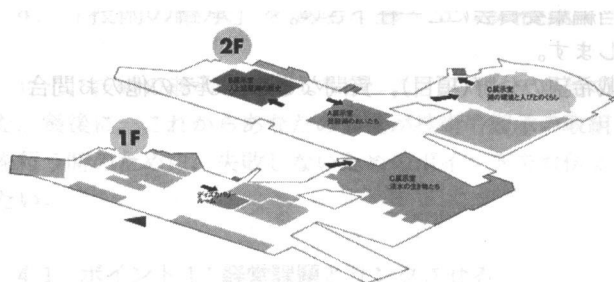


図1 施設案内図

変遷を経て現在の姿になったのかを時間の経過を追って展示して、自然環境の移り変わりを理解するための展示室です。

#### ■ B 展示室「人と琵琶湖の歴史」

琵琶湖と人間とのかかわりの歴史を、湖底遺跡、湖上交通や漁労の様子および治水・利水への取り組みなどを通して理解するための展示室です

#### ■ C 展示室「湖の環境と人びとの暮らし」

「湖と人間」というテーマに基づき、琵琶湖地域を題材とした自然と人のかかわりや相互作用を水族展示を含めて表現する展示室です。

#### ■ 水族展示室 (C 展示室 1F) 「淡水の生き物たち」

琵琶湖とその集水域の生き物、とくに魚類を中心にこれらを環境とのかかわりで紹介しています。

#### ■ ディスカバリールーム

その名のとおり、子供達が自分で展示に触れながら、琵琶湖とその周辺の自然や人の暮らしについて、さまざまなことを発見する展示室です。

### 琵琶湖のおいたち

エスカレーターの登り口で入場券を提示し、2FのA展示室の【琵琶湖のおいたち】を覗いてみました。

#### ■ 岩石はどこから

入口をくぐると、すぐにたくさんの岩石標本が展示されています(写真1)。これらは泥岩、砂岩、チャート、花崗岩や溶結凝灰岩等といった滋賀県の山地を構成している代表的な岩石です。実際に触って感触を楽しんだりできますのでじっくりと観察できます。標本の前にはモニタが設置されており、なぜ太平洋起源の岩石類が滋賀県で採取されるのか、プレートテクトニクスの理論をわかりやすく上



写真1 岩石標本



写真2 黄河象(レプリカ)

映しています。

### ■多くの化石達

展示室の中ほどには、貴重な化石の標本がところ狭しと展示されており、興味深く観察できました。おなじみの植物や魚貝類といったものから、アンモナイトやヒゲクジラといった心躍るものまで揃っております。

中でも圧巻なのは、展示室中央にある黄河像(レプリカ)の化石です(写真2)。この黄河像は足元をくぐれるようになっています。是非、当時の動物の大きさを体感してみてください。

また体験コーナーでは化石や岩石を手にとって触れることのできる「自然史キット・ライブラリー」が用意されています。テーブルに座ってゆっくりと見ることもできますし、スタッフの方の詳しい説明を受けることもできます。

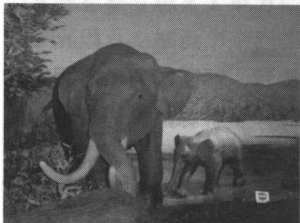


写真3 ミエゾウ親子



写真4 発掘フィールドの再現

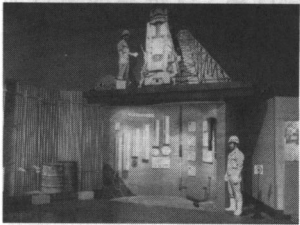


写真5 深層ボーリングの再現

年前における湖南から湖東地域の湿地のジオラマでは、かわいいミエゾウの親子が我々を温かく見守ってくれます(写真3)。

### ■湖のおいたちを探る調査

展示室の後半では、実際に行われた当時の調査の状況を再現しています(写真4)。特にフィールドでの発掘や研究室での分析の様子等、気分はもう学芸員でした。

また、1991年に博物館建設予定地で行われた深層ボーリング調査(深度915m)も再現されていました(写真5)。一部のコア試料も展示してあり、普段ボーリング調査に携

ここでは、なんと恐竜の糞の化石にも触れることができました(全然、汚くありませんよ)。

### ■北上する湖

琵琶湖の歴史は、現在の三重県上野市近くに誕生した大山田湖という湖まで遡ることができます。その後、400万年もかけて北上して、現在の琵琶湖の位置に移動してきました。この変遷の様子はビデオで上映されており、雄大な時の流れを感じずにはられませんでした。

このコーナーでは、湖の移動に伴うそれぞれの時代がジオラマで再現されており、まるで当時にタイムスリップしたような感覚にとられます。約250~180万

わっている私としては馴染み深いコーナーでした。ここには作業着とヘルメットが用意されており、調査団の一員となって記念撮影ができます。

### おわりに

琵琶湖博物館は、『湖と人間』というコンセプト通り、地域に密着した大人も子供も楽しめる、総合的な博物館です。また常設展示以外にも、季節やテーマにそっての企画展示も行われています。何度も足を運びたいような、まさに琵琶湖の様な深く大きな博物館でした。

今回は紙面の都合上、地質に関連するA展示室の内容を重点的に紹介し、その他の展示室については残念ながら割愛してしまった部分が多くなってしまいました。しかし、もちろん、それらの展示室も非常に興味深いものでありますので、お立ち寄りの際は是非、総ての展示室を楽しんでいってください。

最後に、博物館の取材を快く承諾していただきました学芸員の皆様に厚くお礼を申し上げます。

(株)阪神コンサルタンツ 奥田 博之

#### 博物館の案内

所在地: 〒525-0001 滋賀県草津市下物町1091 滋賀県立琵琶湖博物館

TEL: 077-568-4811 (代)

開館時間: 9時30分~17時(入館は16時30分まで)

休館日: 毎週月曜日(休日の場合はその翌日)、年末年始(12月25日~1月2日)

#### 観覧料:

		個人	団体(20名以上)	年間観覧券
		常設展示	大人	600円
	高校生・大学生	400円	320円	1,600円
	小・中学生	250円	200円	750円
	滋賀県内在住の65歳以上の方	無料(証明となるものが必要)		
	障害者の方	無料(障害者手帳が必要)		
企画展示	その都度、料金を定めます			

アクセス:【電車】JR草津駅から近江鉄道バス「烏丸半島」行き「琵琶湖博物館前」下車

【航路】大津港から琵琶湖汽船にて約60分。「草津烏丸半島港」下船

【車】名神栗東ICを降りて、国道1号線京都方面へ。「上鈎」交差点を右折し湖周道路に突き当たる。右折して約1km。

駐車場: 博物館利用者は無料(普通車480台、バス40台)

HP: <http://www.lbm.go.jp/index.html>



# 車窓から見る地形・地質

## 国府津—松田断層と足柄平野

神奈川県 小田原市

JR：東海道線，東海道新幹線

### はじめに

足柄平野をめぐる鉄道には、東海道新幹線、在来線の東海道本線、旧東海道本線であった御殿場線のほか、小田急電鉄小田原線、伊豆箱根鉄道大雄山線があり、それぞれ特徴のある車窓景観が得られますが<sup>1)</sup>、本誌の読者の多くは、東海道新幹線でこの平野を横断する機会が多いことでしょう。東京方面からの新幹線下り列車に乗ると、弁天山トンネルで大磯丘陵の西端を抜けます。平野に踊り出たとたんに、右手（北側）の車窓には、足柄平野を前景、箱根火山や足柄山地を中景として、晴れていれば遠景には富士山の姿も望めるパノラマが広がります（写真1）。このとき左（南）側の車窓には、相模湾の沖合に伊豆大島も望めるのですが、今回は足柄平野を中心とした景観をご紹介します。



写真1 足柄平野東端部からの足柄山地と富士山（2002年1月撮影）



写真2 空から見た足柄平野と大磯丘陵（2002年10月撮影）

### 国府津—松田断層

足柄平野と大磯丘陵との境界には、活断層である国府津—松田断層があります。東海道線、新幹線、国道1号、東名高速道路などの交通幹線は、いずれも足柄平野でこの活断層を横過します。足柄平野の地下では、フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込んでいると考えられており、この断層は収斂するプレート境界の上に位置するという点で特異なものです。しかし、断層の規模が大きいためか、断層地形は車窓からは容易に認められず、俯瞰的に捉えられるだけです（写真2）。活動履歴を解明するための地質調査は、1960年代から何度も行われましたが、断層の最新の活動を明瞭に示す剪断面が確認されたのは、2002～2004年の神奈川県の調査によってでした。その結果から、最新活動時期は12世紀以後、14世紀前半以前（AD 1350年以前）、平均活動間隔は約800～1300年、平均的な上下方向のずれの速度は、約2～3m/千年と推定されました。この断層は、北に隣接する神縄断層などとともに神縄・国府津—松田断層帯として評価されています<sup>2)</sup>。

### 足柄平野

車窓の近景を成す現代の足柄平野には、製菓会社や製菓会社などの工場が建ち並んでいますが、昭和30年代まではほぼ一面の水田でした（写真3）。しかし、箱根火山の外輪山である明神ヶ岳の山麓では、早くも昭和9年に富士フィルム足柄工場が操業を開始しています。これは足柄平野一



写真3 1954（昭和29）年頃の在来線車窓から見た足柄平野<sup>3)</sup>



帯が豊かな湧水に恵まれていることによります。箱根火山の山麓線には、成層火山体の帯水層から安定して供給される地下水を泉源とした湧水池がいくつも並び、中には工業用水にも使用できる大規模なものがあります。また平野の中流部には、上流で涵養された地下水が被圧され、自噴井戸として湧き出している一帯もあります。

## 箱根火山と足柄山地

パノラマの中景をなすのは、箱根火山と足柄山地です。箱根火山は、小田原に向かって正面から右手に、二子山、駒ヶ岳、神山(1439 m)などの中央火口丘の溶岩ドームが、外輪山の稜線越しに顔を出しています。箱根火山の活動史の詳細は別稿に譲りますが、約5万年前の大規模な噴火で噴出した箱根新期軽石流は、足柄平野からさらに大磯丘陵の北部を乗り越えて東方に流走しました。その堆積物は約60 km離れた横浜市南西部にも認められます。足柄平野では、軽石流堆積物が平野の地下に埋もれていることがボーリング調査で確かめられていますが、これは足柄平野が断層活動により相対的に沈降したためと考えられています<sup>4)</sup>。

外輪山の稜線がさらにスカイラインをなし、明神ヶ岳(1169 m)を最高点として北方に次第に低くなると、その上に大きく富士山が鎮座します。そのちょうど手前の低い稜線が足柄峠で、その北方(右手)一帯の山々を足柄山地と呼んでいます。足柄山地を構成する足柄層群は、フィリピン海プレートに乗って北進してきた伊豆半島と本州との間にできたといわれる海域の堆積物から成り、その上部には地塊の衝突により隆起した丹沢山地から供給されたと考えられる粗粒な礫岩などが含まれています。足柄山地のなかで一際目立つドーム形の独立峰が矢倉岳(870 m)です。矢倉岳は、約170~60万年前に形成された足柄層群中に貫入したかなり新しい花崗閃緑岩から成っています。

足柄峠を越える道は、東海道の古道です。寛仁4年(1020年)、更級日記の作者が13才の折りに、東国から京に向かう旅で越えたのもこの峠です。延暦21年(802年)には、富士山の北東山腹での噴火(800~802年)の降灰が厚く積もったため、応急措置として箱根越えの道が開かれました。しかし足柄道はすぐに復旧され、箱根路が鎌倉時代以降に整備された後も、幹線道として機能していました。

## 富士山噴火と足柄平野

足柄平野と富士山との間には、さらに深い関係がありま

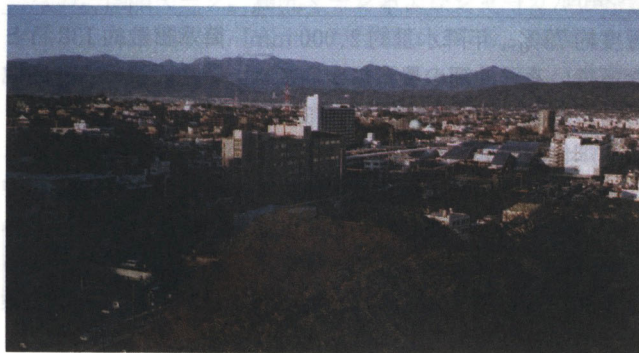


写真4 小田原城天守閣からの大磯丘陵と丹沢山地(2007年1月撮影)

す。約2500年前に富士山の東斜面(足柄平野から望みできる方向の斜面)で発生した大崩壊は、泥流となって山麓に流下しました。これは御殿場泥流と呼ばれ、足柄平野一面を埋めた堆積物が現在も微高地となって残っています<sup>4)</sup>。

また、富士山の中腹、左側(南側)の稜線の手前に見えるスプーンでえぐったような火口は、宝永4年(1707年)の山腹噴火で生じたものです。この噴火で、降灰分布の中心軸があった足柄平野北部から丹沢山地南部にかけての酒匂川上中流地域には、最大厚さ2 m以上に達する大量の降下火砕物が堆積しました。そのため、噴火翌年の8月頃から、酒匂川下流では大規模な土砂洪水氾濫が始まりました。幕府は一帯を直轄地とし、土木事業の専門家として知られた伊那忠順を奉行として治水に当たりました。しかし対策効果はなかなかあがらず、大岡越前守忠相に登用された民間出身の田中丘隅・養笠之助父子による土木工事(1726~1735年頃)で河道がほぼ固定されるまで、大きな土砂洪水氾濫が続きました<sup>5)6)</sup>。足柄平野では、その後も水害が繰り返し発生しましたが、酒匂川には洪水対策として霞堤が作られました。霞堤は、堤防の一部に間隙を設けて、洪水を堤内の比較的被害の少ない田畑などに誘導する堤防のことで、同様な先例には武田信玄が築いたとされる甲府盆地の信玄堤があります。なお、金次郎さんの名で知られる二宮尊徳は、19世紀前半に活躍した篤農家で、酒匂川の堤防強化のため黒松を植えたといえられますが、その生家は今も酒匂川右岸に残る霞堤に近い栢山にあります。

列車が小田原駅に近づくと、富士山は箱根外輪山の稜線に隠れ、反対に東方の大磯丘陵の低い稜線の上には丹沢山地が望みできるようになります。もし時間があれば小田原駅で下車し、小田原城の天守閣に登ってみるのもよいでしょう。大磯丘陵と丹沢の山々から相模灘、房総半島、伊豆大島、真鶴半島に至るパノラマ景観が楽しめます(写真4)。

[向山 栄(国際航業(株)技術センター)]

## 文献

### ①引用文献

- 1) 神奈川の自然をたずねて編集委員会(2003)、車窓から見る神奈川県、日曜の地学20 神奈川県自然をたずねて一新訂版、築地書館、pp. 228-240
- 2) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005)、神縄・国府津・松田断層帯の長期評価の一部改訂について、[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/05\\_mar\\_kannawa/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/05_mar_kannawa/index.htm)
- 3) 岩波書店編集部(1954)、汽車の窓から—東海道一岩波写真文庫113, 64 p.
- 4) 山崎晴雄(1993)、南関東の地震テクトニクスと国府津・松田断層の活動、地学雑誌, 102, pp. 365-373
- 5) 永原慶二(2002)、富士山宝永大爆発、集英社新書, 267 p.
- 6) 角谷ひとみ・井上公夫・小山真人・富田陽子(2002)、富士山宝永噴火(1707)後の土砂災害、歴史地震, 第18号, pp. 133-147

### ②車窓からの地学的景観に関する参考文献

- 7) 藤本一美・田代 博 編著(2000)、車窓展望の山旅—鉄道で楽しむ山—実業の日本社, 221 p.
- 8) 井関弘太郎(1995)、車窓の風景科学 名古屋鉄道株式会社、東海叢書24, 163 p.
- 9) 中村泰三・遠山裕之・仁科淳司・上江洲薫・桑原啓三(2003) 特集 車窓景観の楽しみ、月刊地理, 48巻, 第7号, pp. 8-3



# 沖縄の土壌と農業の関係について

## 1. はじめに

沖縄県は、100島を超える大小さまざまな島々からなっている。地形的にみると、山地形と平坦地形（丘陵・台地）との2種類に大別される。もちろんのこと山地形の地質と平坦地形の地質は異なっており、それらの地質を母材とする土（土壌）で農業が営まれている。ちなみに土と同様に農業に欠くことのできない水については、山地形では比較的水源が豊富である一方で平坦地形では水源に乏しく地下水に依存している。ここでは、沖縄に分布する土壌の簡単な特徴と土壌と農業との関係について紹介する。

## 2. 沖縄の土壌

図1に沖縄の土壌分布図を示す。沖縄には、国頭マーヅ、島尻マーヅ、ジャーガル、沖積土壌の4種類が分布している。それら土壌の分布割合および耕地面積割合を表1に示す。分布割合では圧倒的に国頭マーヅが多く、次いで島尻マーヅ、ジャーガル、沖積土壌の順である。一方、耕作面積では、島尻マーヅが国頭マーヅより多くなる。これは国頭マーヅが山地形に分布するため耕作面積が減少するためである。最も耕地面積が少ないのはジャーガルである。沖積土壌は、ほとんど耕地としては利用されていないようである。

表2に、国頭マーヅ、島尻マーヅ、ジャーガルの3土壌の特性について示す。国頭マーヅは山地形に分布しさまざまな岩を母材にしている。そのため、粘土分含有量は10～80%と幅広い。層厚は、一般的に2から5m程度である。ジャーガルは、第三紀の泥岩を母材としているため、粘土分を多く含有している。層厚は2m程度である。一方、島尻マーヅは3土壌のうち最も粘土分を多く含有するが、その成因についてはよくわかっていない（風積土説が有力）。層厚は一般的に薄く、数十センチ程度である。

## 3. 沖縄農業の概要

沖縄の気候概要については、年平均気温約23℃、年平均

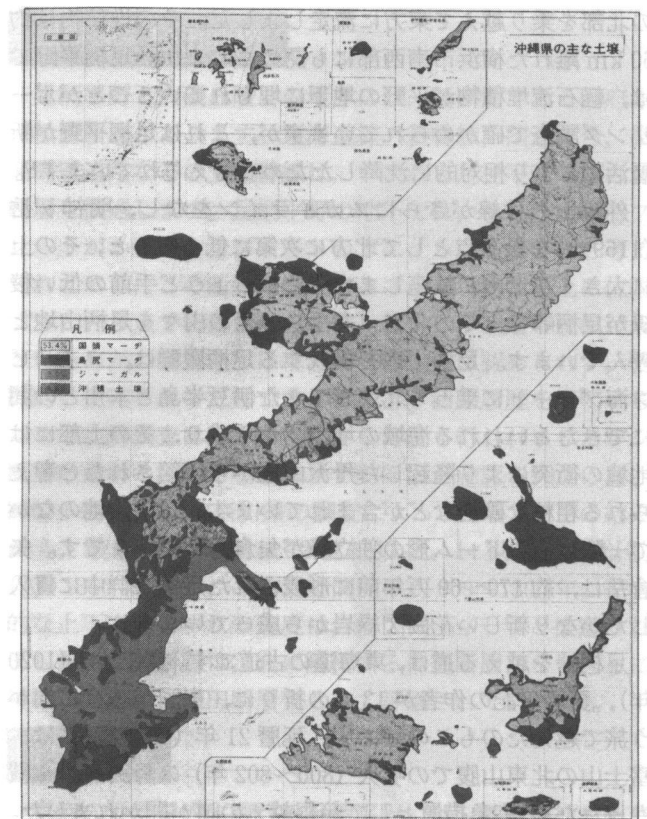


図1 沖縄の土壌分布

表1 沖縄に分布する土壌の割合

土 壌	国頭マーヅ	島尻マーヅ	ジャーガル	沖積土壌
分布割合	50%程度	30%程度	10%程度	10%程度
耕作面積の割合	30%程度	50%程度	20%程度	—

湿度約73%、年降水量約2,000mm、降水日数約138日となっている。沖縄の農業については、耕地面積のうち畑地の占める割合が約98%（全国では約46%）となっており、ほぼ畑作が中心に行われていることがわかる。

沖縄の基幹作物は、サトウキビである。サトウキビが沖縄のほぼ全域で生産されている理由は、高温、干ばつ等への耐性および土壌型による収穫の影響が少ないこと等があげられる。その他の主要な作物としては、野菜、果樹、葉たばこ、花きがある。

表2 沖縄の土壌特性

土 壤	国頭マーヅ	島尻マーヅ	ジャーガル
地 形	山地	台地	丘陵
母 材	千枚岩・頁岩・砂岩 更新世の堆積物 (国頭礫層)	不明確 琉球石灰岩上層に 分布	島尻層泥岩
層 厚	2~5 m	20~40 cm	2 m 以上
色 調	赤色~黄色	黄褐~暗褐色	オリーブ褐~灰色
粘土分 含有量	10~80%	90%程度	40~90%
pH	4~6	中性~ 弱アルカリ性	8 以上
畑地と しての 特長	・強酸性 ・腐食物が少ない ・傾斜地が多い	・層厚が薄い ・耕作しやすい ・保水性がわるい	・粘土分が多い ・耕作しにくい ・排水性がわるい

#### 4. 土壌と農業の関係

表2には、国頭マーヅ、島尻マーヅおよびジャーガルの3土壌について畑地としての特徴が示してある。国頭マーヅは、強酸性で腐食物含有量が低いうえに、傾斜地が多いため土壌浸食（赤土流出）問題が起きている。島尻マーヅは、粘土分を多く含むものの層厚が薄く下層に透水性の良い琉球石灰岩が分布するために、保水性がわるく干ばつの被害を受けやすい。ジャーガルは、粘土分が多く層厚も厚いため、保水性はいいが排水性がわるい。また、粘土分含有量が多いため一端乾燥して固まると人力による耕作は困難になる。

サトウキビは土壌の種類による影響は少ないとは言っても、表3の単位収穫量からするとジャーガル、島尻マーヅ、国頭マーヅの順に減少する傾向にあるようである（写真1、写真2、写真3参照）。その原因として土壌の保水性が大きく影響するといわれている。

サトウキビ以外の作物についてみると、国頭マーヅでは、その強酸性と低い腐植含有量を逆に利用して、パイナップルの生産が盛んである（写真4参照）。島尻マーヅは、保水性は低いものの耕作しやすいために、野菜や葉たばこの生産が盛んである。ジャーガルは、保水性は大きいものの逆に排水性がわるいことおよび耕作しにくいことにより、サトウキビ以外の生産は少ないようである。

なお、国頭マーヅ、島尻マーヅおよびジャーガルの特性を活かした土壌改良（客土）が行われている。国頭マーヅではジャーガルを客土することによるpHの緩和、島尻マーヅではジャーガルを客土することによる層厚の確保と保水性の改善、ジャーガルについてはニービと呼ばれる砂岩系の土が客土され排水性の改善が行われている。

#### 5. まとめ

沖縄の土壌と農業について、主なものを以下に示す。

1) 沖縄の土壌には国頭マーヅ、島尻マーヅ、ジャーガ

表3 サトウキビ地域別・作型別収穫面積、10a当たり収量

収穫面積 (ha)	10a 当たり収量 (kg)	土 壤
1,680	4,400	国頭マーヅ
924	5,490	ジャーガル
4,090	4,710	島尻マーヅ

(注) 表は、平成17年度の統計結果値である。



写真1 ジャーガル



写真2 島尻マーヅ



写真3 国頭マーヅ



写真4 国頭マーヅ(パイナップル)

ルの3種類あり、耕地面積としては島尻マーヅが約半分を占めている。

- 2) 国頭マーヅは、砂質土から粘性土まで幅広く存在し、強酸性で腐食物含有量が少ない。
- 3) 島尻マーヅは、粘土分を多く含むものの層厚が薄く下層に透水性の良い琉球石灰岩が分布するために、排水性がよく保水性がわるい。
- 4) ジャーガルは、泥岩由来の土であるため排水性がわるく耕作しにくい。
- 5) 沖縄は畑作を主とする農業を展開しており、その基幹作物はサトウキビである。
- 6) サトウキビ以外にも、それぞれの土壌の特性を活かして国頭マーヅではパイナップル、島尻マーヅでは野菜や葉たばこ等の生産も盛んである。
- 7) 島尻マーヅ地域では水不足による干ばつ被害が甚大であり、降雨水や地下水の有効利用による水源確保が急務である。

最後に、沖縄の基幹作物であるサトウキビは農家の高齢化や水不足により年々その生産量が減少している現状がある。何とか魅力ある農業にしていけるためにも、土と水に大きく関わっている農業で今後とも地質技術を活かしていきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 内閣府沖縄総合事務局農林水産部編：第25次沖縄農林水産統計年報、沖縄総合事務局、2007。
- 2) 宮城調勝：国頭まあーじ、新城俊也：島尻泥岩、九州・沖縄の特殊土、九州大学出版会、1983。
- 3) 大城喜信・浜川 兼：よみがえれ土、新報出版、1980。
- 4) 宜保清一・宮城調勝：島尻マーヅ地帯の透水性について、琉球大学農学部学術報告24。

〔株〕大洋土木コンサルタント 調査部 照屋 優



## 記憶に残った現場業務

こまつ ひろ ゆき  
小松 洋之\*

### 1. はじめに

私は地質調査業務に携わって早12年になるが、入社以来、現場での計測ならびに管理業務を主にやってきた。これまで山岳地・海上・低地部などさまざまな場所、あるいは分野においても土木・建築の調査をはじめ、地盤改良などの工事を行い、社内の同年代の中では経験が多い方である。しかしながら、広く浅い知識で専門分野がなく、経験によるところが大きいこの業界の中では、土質の何たるかがわかり始めてきた若輩者といえよう。

今回、この原稿依頼を頂いて、執筆テーマを考えてみたが技術的に紹介できるものが思いつかなかったため、これまでの業務経験の中で、苦労したあるいは印象に残った現場について、3件ほど紹介する。

### 2. はじめての海上ボーリング

私が入社して6年目になる頃、はじめて海上ボーリングの現場業務を受け持った。それまで現場代理人補佐という立場で、海上ボーリングの作業に携わったことはあったが、海上保安庁の申請手続きなどの段取りから現場撤去までのすべての管理を行うこと、また、平地作業とはまったく違った環境であるため、工程や安全管理の面でもとてもよい経験になったことを覚えている。特にこの現場では、事前の現場踏査（調査地点の水深・悪天候時の波浪予測・漁業組合とのやり取り）や仮設方法の選定が重要であることを認識させられた現場であったため取り上げることとした。

調査場所は新潟港の東に位置する『東港』という地区で、中央航路沿いの岸壁設計に伴う調査業務であった。調査地は海岸線に沿って発達する砂丘群に該当する地域で、航路沿いに位置するため、沿岸部は船舶の往来と浚渫工事などの影響により土砂が流出され、湾状に浸食されている状態であった（写真1参照）。

調査は既設の護岸法線の延長上で実施するため、湾状に浸食された範囲を横断する形での地点配置となった。設計図書をもとに立案した当初の計画では、この範囲は水深が1~2mと浅かったため、すべての地点において足場パイプ

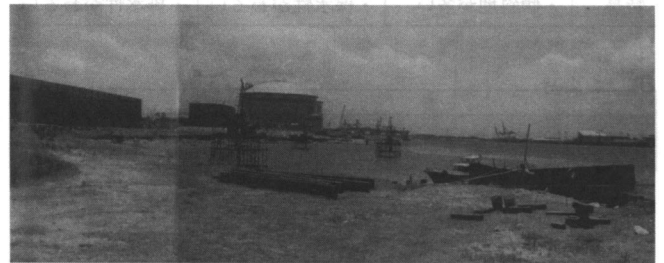


写真1 現場作業風景

による作業ステージをあらかじめ作製し、クレーン付の台船による設置を予定していた。しかしながら、設置直前、調査位置の測量を実施したところ1箇所だけ水深が6~7mと大きく海底が改変していることが分かり、急遽その箇所だけスパット台船を使用した調査へ変更することとなった。計画変更に伴う新たな手続きや、段取りの仕切り直しなど余分な浪費を伴った。幸いにも設計変更の対象となり、工期の延長が認められたため遅延することなく業務を竣工することができたが、事前の現場踏査や計画立案の段階で想定できた範囲のことと思われ、設計図書を鵜呑みにした甘さが招いた結果と反省した現場であった。

### 3. 廃棄物埋立地におけるボーリング調査

この業務は、入社9年目に経験した現場である。調査目的は東京都江東区若洲の埋立地において、東京港臨海道路の一部となる臨海大橋（中央防波堤~若洲を結ぶ）の橋台設計に伴う調査として実施した。調査地の範囲には廃棄物を埋立てしている箇所が含まれ、そこでは廃棄物層の試料採取のほか、廃棄物層以深における調査の実施にあたり、汚染物質の拡大を防ぐための大口径（φ400mm）鋼管ケーシングを不透水層に設置するなど、特殊な作業を伴う業務であった。ここでは、汚染物質の拡大を防ぐために実施した対策方法を紹介する（図1参照）。

上部に埋め立てられた廃棄物層の調査ボーリングが終了した後、ボーリング機械を一度撤去し、汚染対策の外管となるφ400mmの鋼管を、廃棄物層を対象に設置した。設置方法は、先行掘削工（アボロン工法-オーガー掘削）により遮水層とした沖積粘性土層の上位面まで掘削し、鋼管を

\* (株)東京ソイルリサーチ

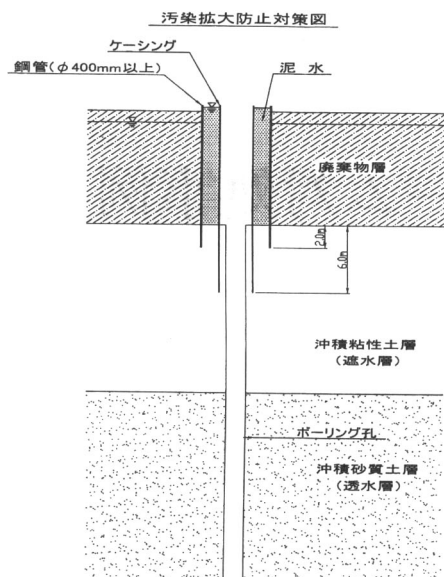


図1 対策方法概念図

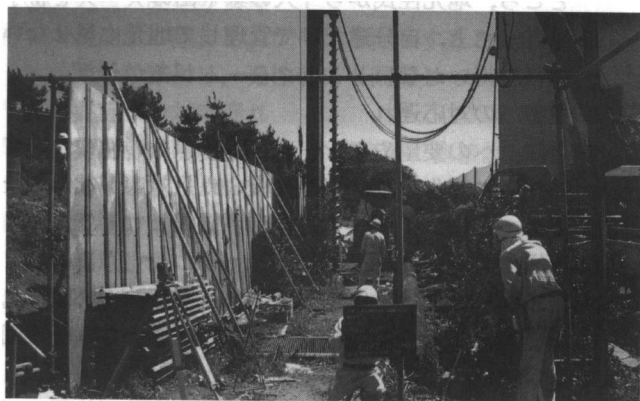


写真2 先行掘削工の状況

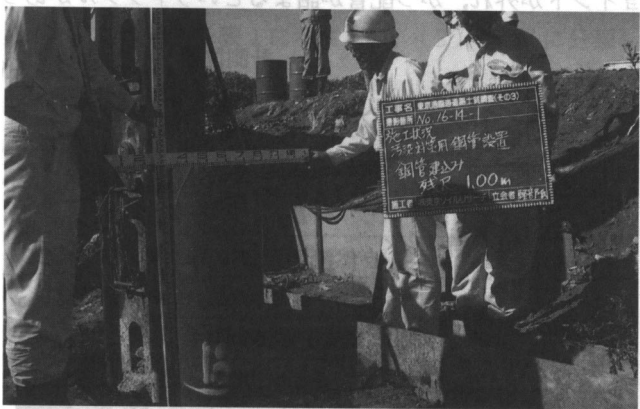


写真3 鋼管設置状況

建込んで沖積粘性土層に2m以上貫入させた。地表部は現地盤より1m以上立ち上げた状態で設置終了とした(写真2, 3参照)。

鋼管設置後はボーリング機械を再度据付、鋼管内に残る廃棄物土を除去・洗浄した後、鋼管の密着性の確認あるいは廃棄物層からの浸出水を防ぐため、鋼管内を泥水で飽和させた。泥水については、毎日の水位面観測(自然地下水より1.0m以上の水位を確保)のほか水質分析や電気伝導度を随時測定して保守管理を行った。

この現場では、廃棄物土という特殊な土質を対象とした調査となったため、それまでの通常業務で体験できない工

法や試験を習得することができた。

#### 4. 冬山における鉄道トンネル坑口のボーリング調査

この現場は、入社11年目にあたる一昨年(2011年)の年末年始に行った調査業務である。北陸新幹線の新潟県上越～糸魚川市間で、トンネル坑口部の基礎設計に伴う調査として、9箇所(9箇所)のボーリング作業を実施した。くしくもこの年は、例年がない悪天候にみまわれ、日本海沿岸では強風によるJR脱線事故(羽越本線)があり、長野県北部では豪雪による家屋の倒壊や集落が孤立するといった災害が起こった年である。調査地も例外ではなく、私がそれまで経験したことがない積雪の中での作業となった(写真4)。

調査対象区間は全長約14kmあり、調査箇所は大きく分けて4つの谷部での実施となった。二班で現場作業を行っていたため、管理上、地点間を移動することが多かったのだが、山道が積雪により通行できないため、移動は海岸線まで一度出て、山を迂回するルートしかなく、非常に時間がかかったことや、調査場所によっては施工中のトンネル坑口における作業となったため、発注者や施工業者との工程の調整に苦労したことが思い出される。

調査では支持層となる泥岩層の上位に、山裾部では崖錐性堆積物、谷低地部には軟弱な土層が堆積していることが確認できたため、乱れの少ない試料を採取のうえ、室内土質試験を実施した。地層構成を解明するとともに基礎形式の決定、また、支持層の出現深度確認ならびに耐震設計に要する地盤の振動特性を把握し、設計に反映することができた。結果として、コスト縮減に寄与できたものと自負している。

#### 5. おわりに

これまで経験した失敗や反省すべきことを再度認識し、今後は自分なりの工夫や新しい工法・試験なども取り入れた現場管理を行っていきたいと思う。また、現場作業から得られる情報または知識をよく理解したうえで、解析業務などにも携わってほしいと思う今日この頃である。

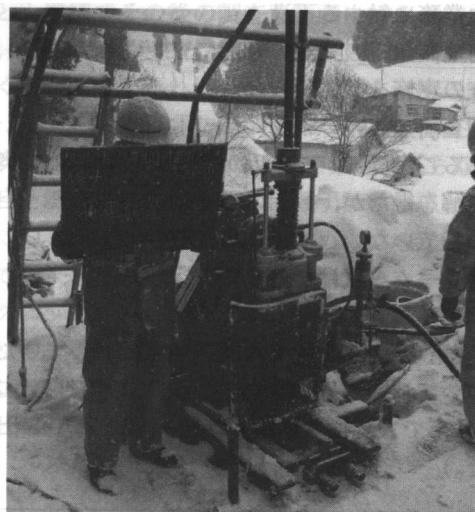


写真4 現場作業状況

## 水文調査におけるクレーム対処事例

わた なべ さとし  
渡 邊 聡\*

### 1. はじめに

水文調査を行うにあたっては調査地点・調査法の選定から調査時の対応まで細心の注意を払って行うが、水は人の生活になくてはならない大切なものなので要望やクレームを受けることも多い。

本報告では、私がこれまでに経験したクレーム事例とその対応を報告するとともに、クレームを避けるための留意点を考察した。

### 2. 水文調査の概要

本報告の水文調査とは、道路等開発工事に伴う、周辺地域の地下水位、河川流量、水質等の変化の有無をモニターし、住民から利水に関する補償要求があった場合の判断根拠を得る目的で実施するものである。

### 3. 経験したクレームと対応

経験したクレームを以下に列記する。

- ① 協力費の要求  
揚水試験の実施に当たって、協力の見返りとして金銭を要求された。
- ② 他業務に対する不満  
用地測量時の業者の対応に立腹されており、水文調査の実施を突然断られた。
- ③ 調査前の挨拶の不備  
あるご家庭で、ご主人が不在だったため、奥様から了解を得たが、数回の調査後ご主人から「自分は承知していない。挨拶は私に直接してほしい」というクレームを受けた。
- ④ 範囲外調査の要望  
「使用していない」ため調査対象外としていた井戸について、「もしもの時には使う」との申し出があった。（呉市で大規模な断水があった直後に申し出があった。）

#### ⑤ データ開示の要望

調査で得たデータを発注者の意向で開示しなかったところ、地元住民から「人の家や山のデータを勝手にとった上、自分達だけで管理して地元に見せないのは納得いかない」とのクレームがあがった。

#### ⑥ 要望への対応遅れ

発注者への要望やクレームを受け、その件について発注者に報告したが、その後3カ月対応がなかったため、A氏に不信感を抱かせる結果となった。

#### ⑦ 現場作業時の注意不足

現場作業における作業が原因で、不信感を持たれた。調査地点では下記の手法で調査を行っていた（図1）。

この井戸では、計測を行った約2週間後に計測位置のジョイントが外れ、かつ配管が詰まるというトラブルがあった。

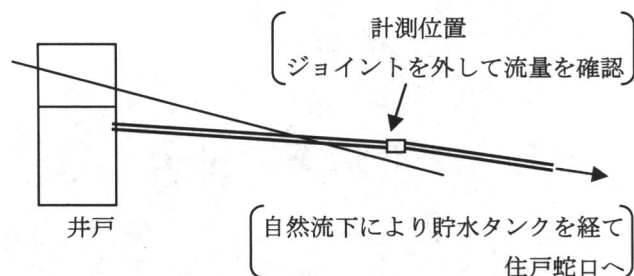


図1 調査手法概観図



写真1 計測状況

\* 復建調査設計(株)地盤環境部



た。このため、B氏は毎月触ることによって外れやすくなった可能性があると考えられ、配管を触る調査を断られた。それぞれの対応について述べる。

- ① 協力費の要求  
調査に対してはみなさんにご協力して頂いている旨をお伝えし、了承していただいた。
- ② 他業務に対する不満  
発注者に報告し直接話をしていただいた。その結果、納得していただいた。
- ③ 調査前の挨拶の不備  
以降は、調査前に電話でご主人に直接了解を取り付ける約束をした。
- ④ 範囲外調査の要望  
調査地点の抽出段階において「使用していない」ことから調査対象外としていたが、要望を受け、発注者と協議の上調査地点に加えた。
- ⑤ データ開示の要望  
発注者に報告し、データを開示することとなった。開示の際には、発注者にも同行していただいた。
- ⑥ 要望への対応遅れ  
発注者に再度報告し、3者交えて直接話しあった。A氏は満足し、その後は問題が生じることもなかった。
- ⑦ 現場作業時の注意不足  
流量観測についてはご本人の希望により中止した。発注者には、代替調査として、直近の溪流の流量を確認することを提案した。

#### 4. クレームの分類

クレームの要因を表1に示す(1)、(2)、(3)に分類した。

表1 クレームの分類

(1)感情	①協力費の要求 (2件)
	②他業務に対する不満
	③調査前の挨拶の不備
(2)要望	④範囲外調査の要望
	⑤データ開示の要望
(3)対応	⑥要望への対応遅れ
	⑦現場作業時の注意不足

表から、クレームの要因としては、感情に起因するものが半数を占めることがわかる。

#### 5. クレームを避けるための留意点

##### (1) 感情

最重要課題である住民の感情面に起因するクレームを避けるには、ひたすら丁寧な対応を心がけるしかないと考えられる。ただし、下手に出すぎても周辺住民の感情を悪化させる原因になりかねず注意が必要である。

#### (2) 要望

事例④「範囲外調査の要望」では、計画時の評価を機械的にやりすぎた点がクレームの原因と考える。周辺に他の観測地点がないことや、水道が使えなくなったときのことを見越して、計画時に配慮することが可能であった。

事例⑤「データ開示の要望」にあるように、情報は開示したほうがクレームは少ないと考える。

#### (3) 対応

事例⑦「現場作業時の注意不足」については、取り外しを重ねることによる部品の緩みを予想できなかった点に原因がある。今回のケースでは、利用者の承諾を得た上で、流れを切り替えることのできる三方分岐などを取り付けるべきであった。

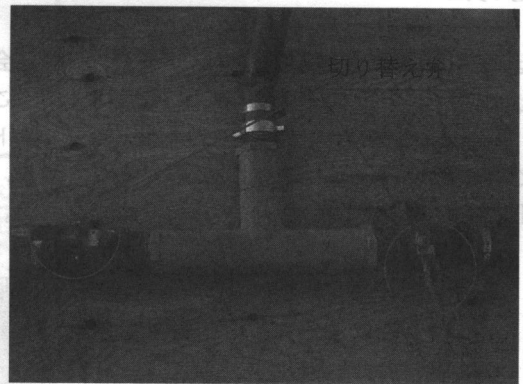


写真2 三方分岐

調査の選定で水利用者の所有物を利用することになった場合は、部品の劣化等に対しても十分な注意を払う必要があることを肝に銘じるべきである。

#### 6. まとめ

今回紹介したクレームの多くに共通することは、地元の方が発注者と直接話したいという気持ちを持たれたことである。

調査時に不機嫌な様子を見せられても、発注者と顔を合わせると上機嫌でその後の調査も順調に行うことが可能となった。発注者と会うことによって安心するということは、おそらく多かれ少なかれ地元の方々は誰もが持っている。(私自身、小学生の折に「訪問業者に対しては特に警戒するように」との教育を受けており、この業界に入らなければ、こういった調査に協力することはまずないと思われる。)このように、業務を円滑に遂行するためには地元住民の理解が必須であり、そのために発注者の協力をうまく引き出すのもテクニックの一つと考える。

入社して3年目になるが、人と接する仕事である以上、技術的な課題とともに対人関係も悩み多い要素であると感じる今日この頃である。

# 関西における大型プロジェクトの事例

ささ お まさ やす  
笹尾 昌靖\*

## はじめに

私は、昭和39年4月基礎地盤コンサルタンツ株式会社に入社し、以来43年間地盤調査に携わってきました。この間には、多種にわたる業務（関西での大型プロジェクト）に参画できました。記憶に残る業務は多々ありますが、特に思い出に残る3つの業務について概要を紹介します。

### 1. 本州四国連絡橋 神戸～鳴門ルート（昭和45年～平成3年）

神戸～鳴門ルートは、当初道路と鉄道からなる予定であった。道路は神戸市垂水区で国道2号から分岐し、明石海峡（幅約4km）を渡って、淡路島を縦断し、鳴門海峡（幅

約1.3km）を渡って、四国の鳴門市で国道11号線に連結する総延長81.1kmの自動車専用道路である。

鉄道は、神戸市垂水区を起点とし、鳴門市を終点とする総延長89.8kmの新幹線規格として計画されたが、鉄道需要予測の見直しにより中止となった。主要な橋梁として、明石海峡大橋（3910m、中央主径間距離1990m）、大鳴門橋（1629m）、門崎高架橋（1009.5m）、撫養橋（535m）がある。

大鳴門橋は、淡路島の門崎と四国側の大毛島孫崎間の狭い水道（鳴門海峡）に架けられた鉄道併用橋で昭和51年7月に着工し、昭和60年6月に淡路島の津名一宮ICから鳴門ICまでの大鳴門関連区間45.2kmの道路が完成した。鳴門海峡の最短距離は約1300mであり-10mの等深線で区切られた海峡幅はわずか600m程度である。紀伊水道

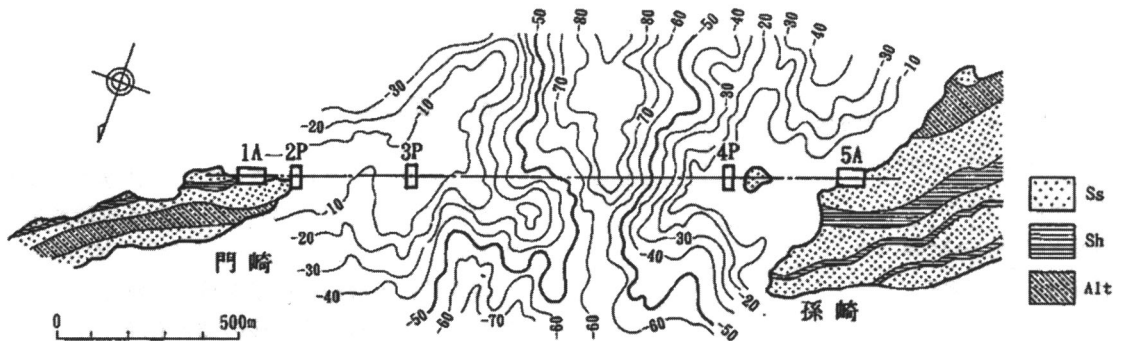


図1 鳴門海峡地質平面図

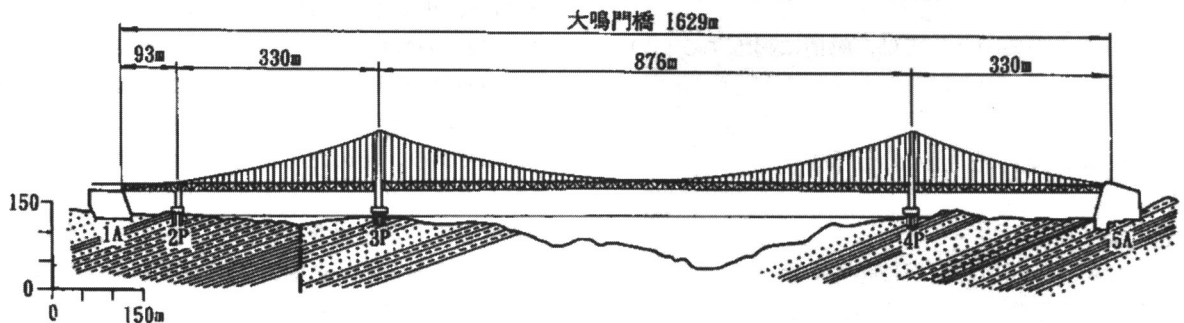


図2 大鳴門橋地質断面図

\* 基礎地盤コンサルタンツ(株) 関西支社

(南側)と播磨灘(北側)の間に大きな干満差が生じ、最大流速10ノットに達する激しい潮流が流れ、大潮時には渦潮を見る観潮船が有名である。現在では、橋桁下部に遊歩道があり渦潮が見られ観光の名所となっている。

私は、大鳴門橋に関しては、地盤調査(海上ボーリング)、横坑内での岩盤試験、急傾斜面でのブロックせん断試験、多柱基礎底面での平板載荷試験等に従事した。このうち、地盤調査では、ボーリング海上作業足場として、パイプ足場および自己昇降式海上作業足場(中型・小型SEP:躍進1号:適用最大水深20m、躍進2号:適用最大水深10m、躍進3号:適用最大水深5m)を使用した。図1に鳴門海峡地質平面図を、図2に大鳴門橋地質断面図を示す。鳴門海峡周辺の地質は、中世代白亜紀の和泉層群の砂岩・頁岩互

層を基盤としている。

明石海峡大橋は、大阪湾と播磨灘を結ぶ水道(明石海峡)に架けられた橋で本州と淡路島との約4kmの海峡を渡る高速道路である。本橋はハンバー橋(中央支間長1410m、イングランド、1981年完成)をはるかに凌ぐ世界最長の吊橋である。明石海峡では、本州四国連絡橋調査の一環として、国鉄・建設省・本州四国連絡橋公団などによって音波探査、ボーリング調査、原位置試験などの各種の調査、試験が実施され、膨大な調査資料が蓄積されている。

明石海峡の地質調査のために使用した海上作業足場としては下記のものがある。

- ・昭和33年:沈潜式ボーリング
- ・昭和36年~昭和45年:円筒式足場

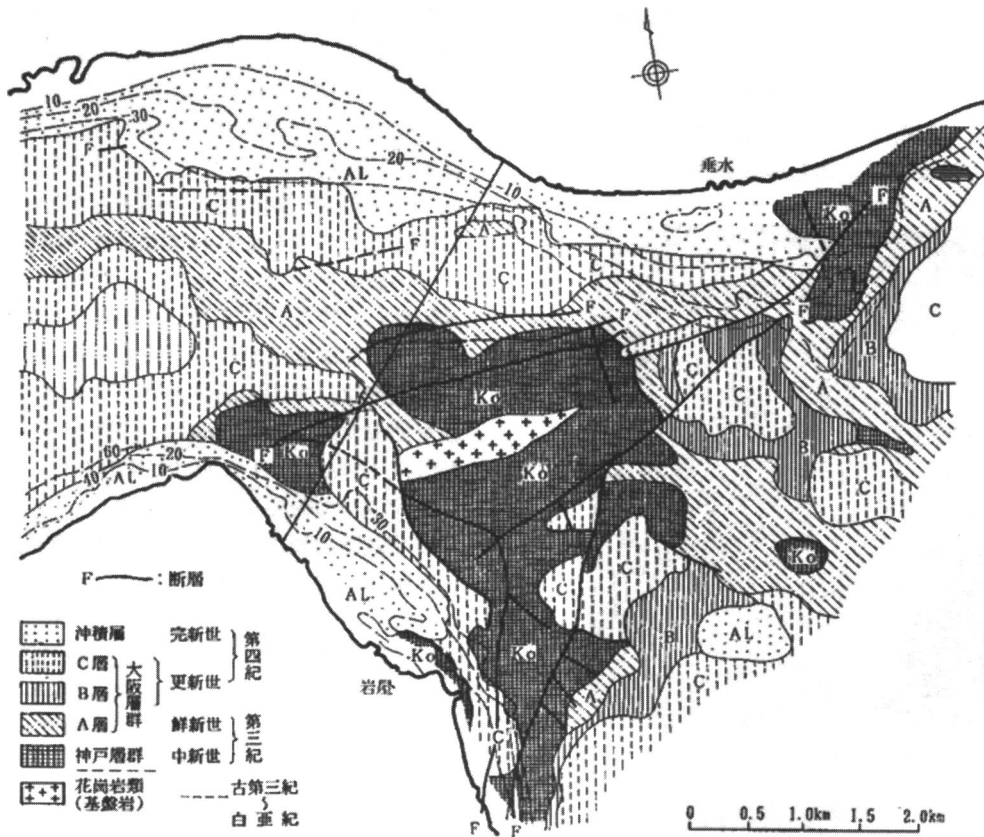


図3 明石海峡地質平面図

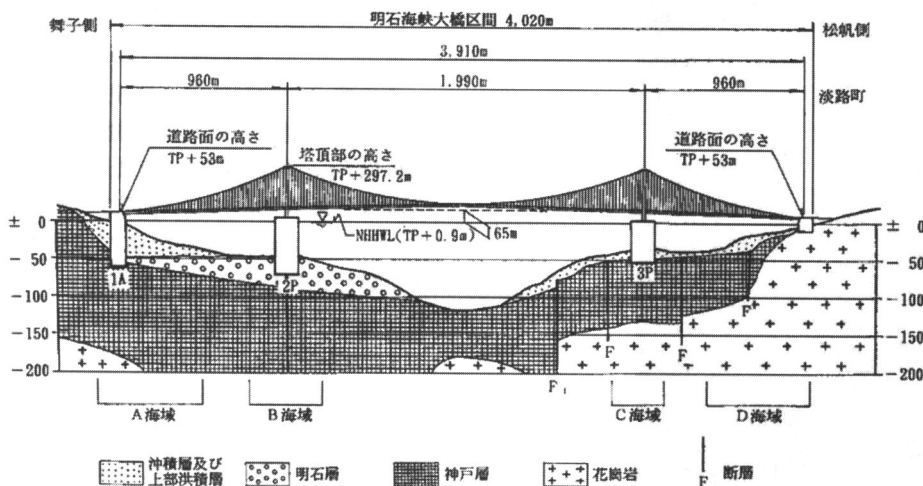


図4 明石海峡地質断面図



- ・昭和46年～昭和52年：半潜水式海上作業足場  
(創成2号)
- ・昭和62年：大型海上足場 (SEP KAJIMA, 盤石)  
中・小型海上足場 (躍進1～3号)

私は、半潜水式海上足場と大型海上足場を使用して主塔2P, 3P (水深46m, 潮流最大4.5m/s) の調査を担当した。舞子側主塔2P海域には、沖積層・上部洪積層・大阪層群明石累層(砂礫層)および神戸層群が、松帆側主塔3P海域には、神戸層群・花崗岩類が分布している。図3に明石海峡地質平面図を、図4に明石海峡地質断面図を示す。

従来、砂礫層のサンプリングは困難とされていたが、2P海域では砂礫層が基礎の支持層となるため、基礎地盤としての同層の力学特性を知ることが重要な課題となった。明石礫層には礫径が10cm以上の硬い大きな礫が点在していることがこれまでの調査で判明しており、通常使用しているφ75～125mm程度のサンプラーでは、まともな試料採取はできない。そこで、急遽大型のサンプラー(φ300mm三重管サンプラー)の試作を行い陸上部でのサンプリング実験を行った。その結果意外に美しい試料が取れることが



写真1 明石海峡海水面下89m付近の乱さない試料

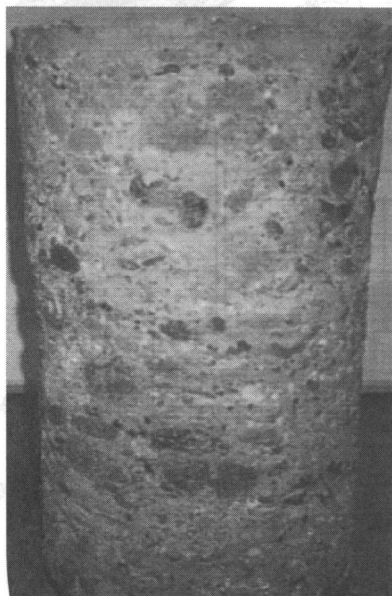


写真2 明石礫層の乱さない試験供試体

確認でき、大水深の明石海峡マッチポイント(2P海域)での調査に臨んだ。現場は、24時間体制で臨み、実に見事な明石礫層が全層について採取できた。採取された試料は、各種の大型三軸試験に供し、明石礫層の真のせん断特性が明らかにされた。写真1に明石海峡海水面下89m付近の礫層の採取試料断面の状況を、写真2に明石礫層の試験供試体の状況を示す。

## 2. 実杭による水平載荷試験 (平成5年～6年)

私が杭の載荷試験に参画するようになったのは、昭和59年頃からであり平成元年までは毎年のように実杭による鉛直載荷試験を行っていた。その後、平成6年に岸和田港埋立地における阪神高速道路の群杭の大変形載荷試験に従事した。上部工架設用に建設する基礎を使つての、群杭の大変形載荷試験である。当時我が国の道路橋基礎の設計は、従来から許容応力度法で実施してきたが、新しい時代への対応として、限界応力設計法の導入が検討されている。実杭を用いた群杭(複数の杭の集まり)の水平載荷試験を実施した事例が、鋼管杭で少例あるだけで、コンクリートの脆性破壊を考慮しなければならない場所打ちコンクリート杭での試験例がない。そこで、実杭による水平載荷試験が計画され、平成5年5月から事前の計器埋設作業が開始された。載荷試験は翌年の平成6年8月下旬に実施した。

試験地は、岸和田旧港の埋立地であり、埋立層の地盤定数を把握するためにボーリング調査(N値, 孔内水平載荷試験, 土質試験)4カ所にて実施した。

載荷試験の概要を下記に示す。

- ・載荷試験の種類：多サイクル水平載荷試験
- ・試験体：単杭試験体—杭径1.2mベノト杭,  
長さ28.5m  
群杭試験体—3.0m間隔で打設した同上杭9本の頭部を厚さ2.3mの鉄筋コンクリート製フーチングで繋いだ橋脚
- ・最大載荷水平荷重：単杭—125 ton, 群杭—2050 ton
- ・最大杭頭変位量：単杭—21.5 cm, 群杭—43.5 cm
- ・各種計器測定点数：単杭—152点, 群杭—590点(この内カメラ撮影による水平変位観測点は25点, 90点)

この種の載荷試験の実施規模は国内ではもとより世界規模でも実施例のない大型試験であり、載荷試験を実施する際には、見学会が開催された。

図5に試験体の形状, 写真3に群杭試験体の全景, 図6にフーチングの変位挙動を示す。試験結果ならびにその解釈についての詳細は、これに携わった多くの関係者が学会などで発表されている。試験終了後、フーチングの周辺土を約1m程度掘削し、側面および前面から杭頭部のひびわれ発生状態の確認も行っている。図7に杭頭部のひびわれ発生状況を示す。ひびわれ状況は、フーチング付け根より若干下がった位置に曲げひびわれと思われる大きな水平ひびわれ(幅約5mm)が除荷においても生じており、杭体は終

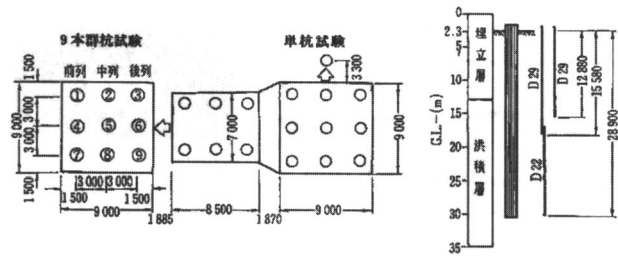


図5 試験体の形状

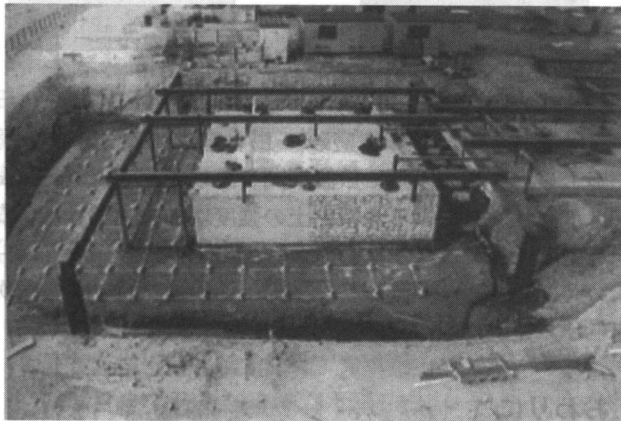


写真3 群杭試験体の全景

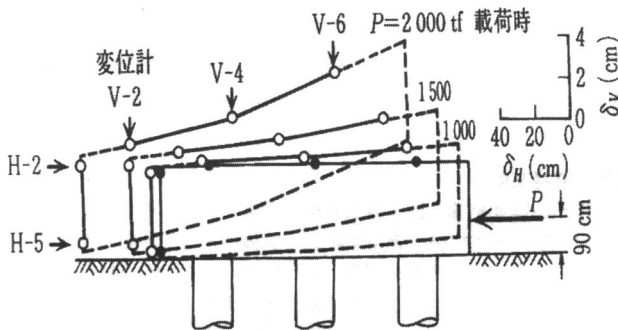


図6 フーチングの変位挙動

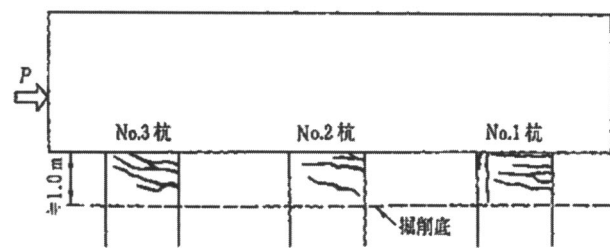


図7 杭頭部のひびわれ発生状況

局状態近傍に達したものと推定される。

フーチングには回転変位が生じ、また全体として浮き上がり現象を示した。地表面クラックは、フーチング背面から45度方向に大きなクラックが生じており、群杭全体が一体として挙動したことがうかがえるが、前面または側面からの明確なくさび状のクラックは見られなかった。

### 3. 神戸空港 (平成12年～平成18年従事)

神戸空港の地盤調査は、空港島の造成に伴う地盤工学的留意点を把握するため、平成11年より開始された。私は、

平成12年より参画し、護岸築造工事における海底地盤(沖積粘土層)の挙動を把握する目的で各種の計器を設置した。海上足場は、大型セップ(いずみ2号)上にボーリングマシン4台を設置して計器を埋設し、集中ケーブルに接続後、計測櫓まで敷設して沖積粘土の地盤挙動を観測した。過去、軟弱地盤上での盛土の動態観測が数多く実施され、これらの実測値に基づき解析モデルの改良、地盤定数の評価が行われてきた。しかし、これらの実測値の多くは海上部ではなく、陸上部でのデータが多く、かつ室内試験と直接比較し、評価された事例は少ない。これは海上での埋設計器による動態観測では、地盤変形が大きいことによる計器自体の破損・沈下、荒天によるデータ欠如等の問題が生じるためと考えられる。

空港護岸築造工事は、軟弱な沖積粘土が堆積する平均水深16mの地盤上に、3年間の短期間で総延長6.7kmの緩傾斜石積護岸を完成する工事であった。海上での護岸築造工事に伴う動態観測は、地盤変形が大きいことによる計器の破損や荒天時のデータ欠如の問題が生じ、計測方法・測定値の評価方法等に多くの工夫が必要であった。ここでは埋設計器の設計・施工に工夫を施した結果、海上での護岸工事に伴う沖積粘土の地盤挙動を工事着手から3年間も自

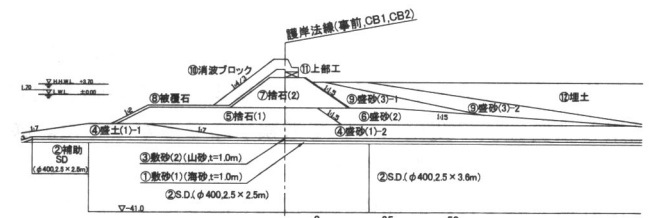
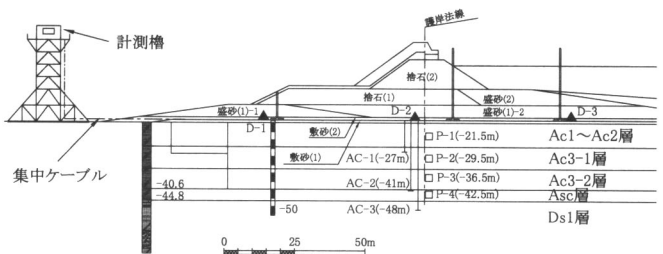


図8 緩傾斜石積護岸の標準断面

表1 使用計器

測定項目	計器名	測定センサー	計測方法	ボーリング孔径
沈下	アンカーロッド式沈下計	摺動抵抗	自動	φ250 mm
水平変位	下方吸収型固定式傾斜計	差動トランス	自動	φ200 mm
間隙水圧	間隙水圧計	差動トランス	自動	φ116 mm
土圧	土圧計	差動トランス	自動	—



計測項目	計器名	記号	設置個数
沈下量	アンカーロッド式沈下計	—	3
	海底面沈下板	—	3
間隙水圧	間隙水圧計	□	4
水平変位	下方吸収型固定式傾斜計	—	1
土圧	土圧計	▲	3

図9 計器設置状況図

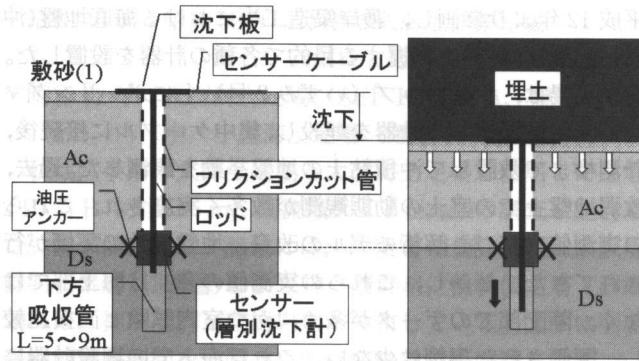


図10 アンカーロッド式沈下計

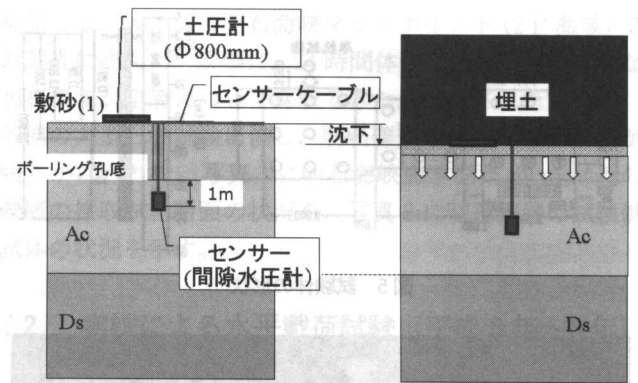


図12 間隙水圧計, 土圧計

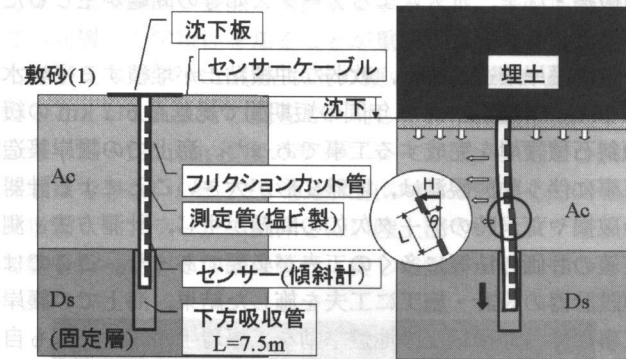


図11 下方吸収型固定式傾斜計

動計測することが可能となった。また、十分な事前土質調査と施工途中のチェックボーリングにより、この動態観測結果と土質性状の変化について考察することができた。緩傾斜石積護岸の標準断面を図8に示す。動態観測用に使用した計器を表1に、計器の設置状況を図9に示す。また、図10～図12に各計器の模式設置状況を示す。緩傾斜石積護岸の施工工程は、サンドドレーンの排水層となる敷砂(1) 1mを敷設、引き続きサンドドレーンによる地盤改良を施工、その上にサンドドレーンの杭頭保護を兼ねた敷砂

(2) 1mを施工、続いて盛砂(1)、盛砂(2)・捨石(1)を施工した。この段階で放置期間を設けて沈下状況とチェックボーリングによる沖積粘土の強度増加を確認した。安全が確認できた後に、捨石(2)を施工後、チェックボーリングにより強度を確認し、上部工・消波ブロックと順次施工して完成に至った。

## おわりに

これまでの43年間、各種にわたる業務を経験したが、大きな事故もなく無事に業務を遂行することができました。これも良き指導者、良き周囲の皆様方のご指導、ご鞭撻の賜と考えております。関係各位の皆様へ感謝致します。

## 引用・参考文献

- 1) 本州四国連絡橋公団：地質地盤調査誌，平成5年3月。
- 2) 幸左賢二・木村亮・森田悠紀雄・伊藤恭平：場所打ち杭を用いた群杭の大変形水平載荷試験，土と基礎，pp.43-45, May, 1995.
- 3) 長谷川憲孝・柳浦良行・高橋嘉樹・和田昌大・飯塚敦：神戸空港護岸築造工事における沖積粘性土層の挙動とその考察，地盤工学ジャーナル，pp.25-35, No.1, Vol.2, 2007.