

# 地質調査

2014

## 第1号

(通巻139号)

### Japan Geotechnical Consultants Association

編集 / 一般社団法人全国地質調査業協会連合会

#### 巻頭言

» なぜ今、三次元か？

独立行政法人土木研究所 脇坂 安彦

#### 小特集 地盤・地質情報の三次元化

» CIMへの取り組み

.....秋山 泰久

» 甚之助谷地すべりにおける  
3次元モデル構築の試み

.....田中 康博・藤田 重敬・安達 忠浩・  
蚊爪 康典・西山 昭一

» 地下構造物建設における  
地盤・地質情報の三次元化適用事例

.....加藤 信義・津坂 仁和・名合 牧人・  
山上 順民・松原 誠・重廣 道子・  
相澤 隆生・亀村 勝美

» こうち実証事業における  
三次元地盤モデル  
—情報流通連携基盤の地盤情報に  
おける実証事業—

.....中田 文雄・土屋 彰義・根本 達也・  
若林 真由美・鈴木 一成

» 地質境界面を基礎とする  
国内外の地質モデリングシステム

.....野々垣 進

#### やさしい知識

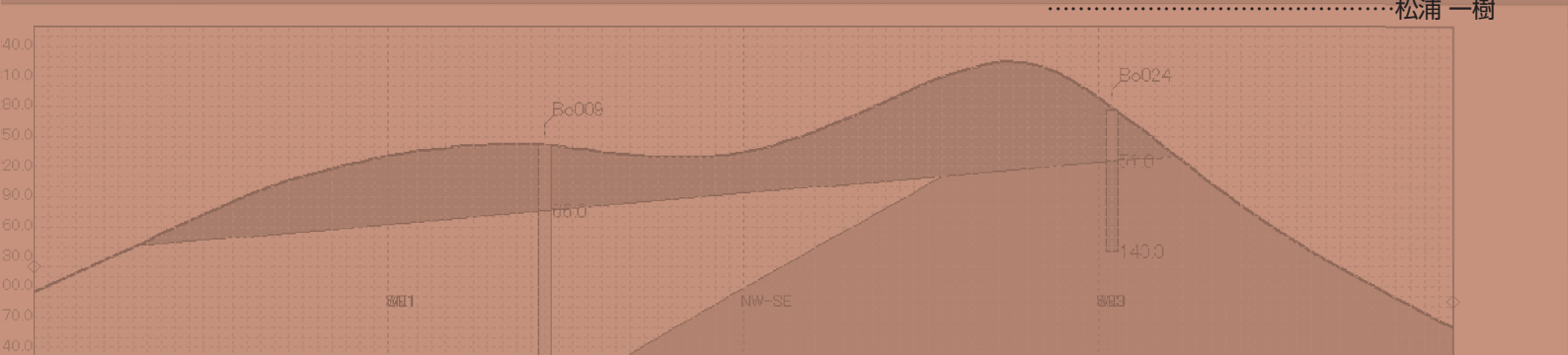
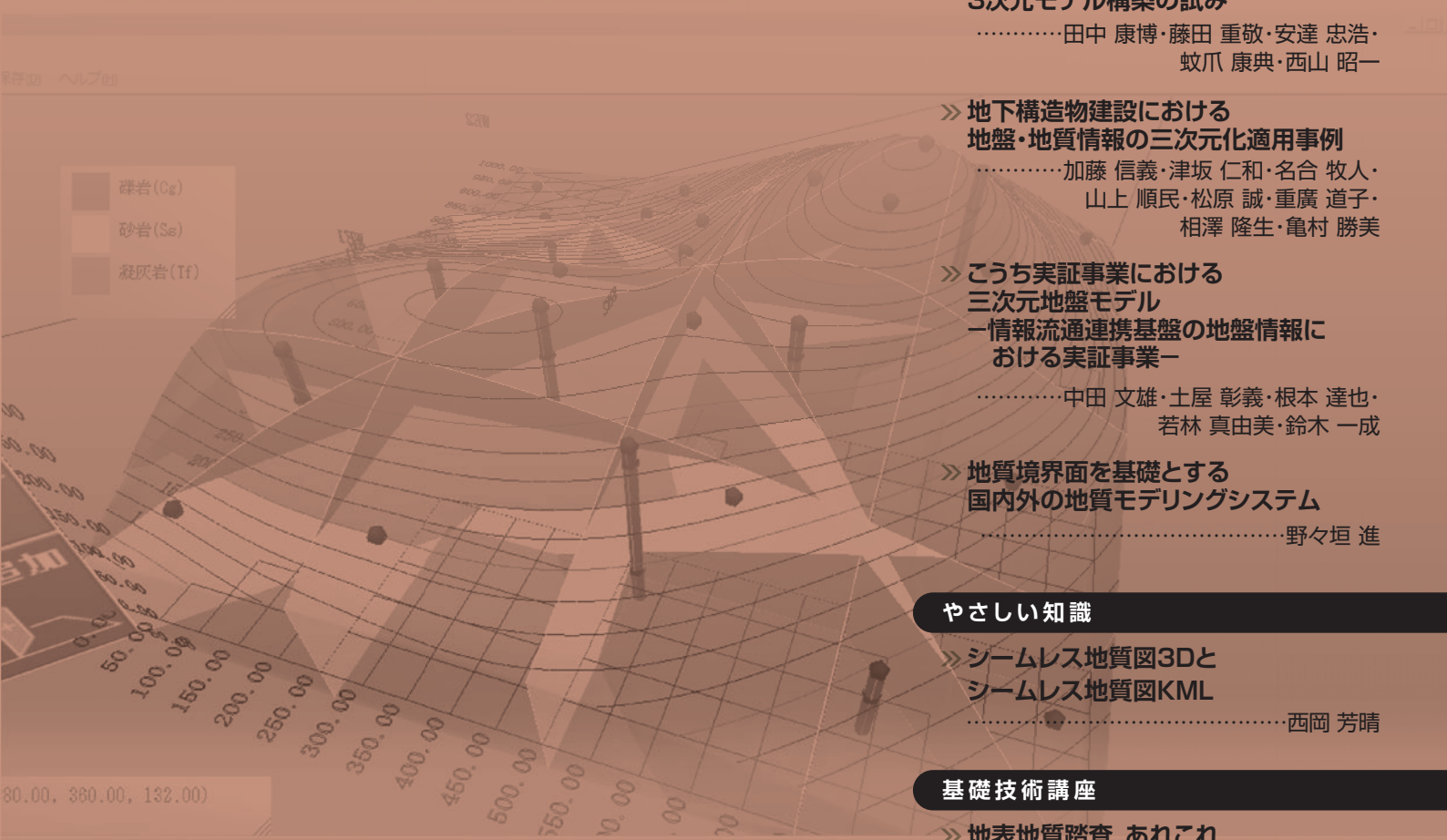
» シームレス地質図3Dと  
シームレス地質図KML

.....西岡 芳晴

#### 基礎技術講座

» 地表地質踏査、あれこれ

.....松浦 一樹



巻頭言	<ul style="list-style-type: none"> <li>≫ なぜ今、三次元か？ 独立行政法人土木研究所 脇坂 安彦 …… 1</li> </ul>
小特集	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 地盤・地質情報の三次元化</li> <li>≫ CIM への取り組み 秋山 泰久 …… 6</li> <li>≫ 甚之助谷地すべりにおける3次元モデル構築の試み 田中 康博・藤田 重敬・安達 忠浩・ 蚊爪 康典・西山 昭一 ……12</li> <li>≫ 地下構造物建設における 地盤・地質情報の三次元化適用事例 加藤 信義・津坂 仁和・名合 牧人・山上 順民・ 松原 誠・重廣 道子・相澤 隆生・亀村 勝美 ……17</li> <li>≫ こうち実証事業における三次元地盤モデル －情報流通連携基盤の地盤情報における実証事業－ 中田 文雄・土屋 彰義・根本 達也・ 若林 真由美・鈴木 一成 ……23</li> <li>≫ 地質境界面を基礎とする国内外の 地質モデリングシステム 野々垣 進 ……28</li> <li>≫ シームレス地質図 3D とシームレス地質図 KML 西岡 芳晴 ……34</li> <li>≫ 地表地質踏査、あれこれ 松浦 一樹 ……39</li> </ul>
やさしい知識	<ul style="list-style-type: none"> <li>≫ 島尻層群泥岩受け盤破碎帯の地すべり解析 及び対策工設計 －森川地すべり解析・対策工事を事例として－ 周 亜明 ……47</li> </ul>
基礎技術講座	<ul style="list-style-type: none"> <li>≫ 足寄動物化石博物館 ～フォストリーあしよろ～ 山崎 淳 ……53</li> </ul>
私の経験した現場	<ul style="list-style-type: none"> <li>≫ 静岡の水源・安倍川の恵み 横山 賢治 ……55</li> <li>≫ 四国東部 吉野川沿いの地形・地質 (徳島県) 中野 浩 ……57</li> </ul>
各地の博物館巡り	<ul style="list-style-type: none"> <li>≫ 地すべり防止のための水抜きボーリングの実際 ……59</li> </ul>
大地の恵み	<ul style="list-style-type: none"> <li>≫ 土木広報アクションプラン「伝える」から「伝わる」へ 小野 かよこ ……60</li> </ul>
各地の残すべき地形・地質	<ul style="list-style-type: none"> <li>≫ 平成 26 年度 全地連資格検定試験の実施概要 【地質調査技士・地質情報管理士・応用地形判読士】 ……62</li> <li>≫ 国における資格制度の活用動向と全地連資格制度の PR 活動状況について ……62</li> <li>≫ 平成 26 年度 道路防災点検技術講習会 開催案内 ……64</li> <li>≫ “全地連「技術フォーラム 2014」秋田” 技術発表募集について ……65</li> <li>≫ 平成 25 年度 地質調査業務事業量 668 億円 ……66</li> <li>≫ 平成 26 年度研修「地質調査」 開催案内 ……67</li> </ul>
書評	
特別寄稿	
会告	

# 地質調査 '14 第2号 (通巻140号) 内容 (予定) 平成26年8月発行

## 特定テーマ

### 富士山

富士山には世界自然遺産の価値がないのか？

富士山による災害史

富士山の砂防事業

富士山麓周辺の水理地質構造と地下水流動

富士山周辺のジオスポット

富士学会

富士山の年中行事

日本中の富士山

# なぜ今、三次元か？

わきざか やすひこ  
脇坂 安彦\*

**K**ey Word 地質情報, 三次元, 地質図, 地質分布

## 1. はじめに

この度「地質と調査」に「地盤・地質情報の三次元化」の特集が組まれることとなった。時宜を得た特集であり、誠に喜ばしいことである。ここでなぜ今、三次元化が望まれているのかについて私見を述べることにする。なお、本稿では地盤情報と地質情報を総称して地質情報とする。

## 2. 地質分布は元々、三次元である

地殻を構成している様々な地層・岩体などの分布は、当然ながらすべて三次元である。したがって、地層・岩体などの分布を正確に表示し、把握するためには、それらの三次元表示が必要である。地質図を基礎とし、それに各種関連情報を付加して作成される応用図にも、たとえば次のように三次元表示が求められる。土木構造物の設計・施工に使用される岩級区分図などの工学地質図も、合理的な設計をするためには三次元表示が求められる。地震災害や降雨による土砂災害など自然災害の多くの素因は、地質である。自然災害の要因分析のためには、素因となる構成地質、風化度や不連続面の分布などを三次元表示する必要がある。

しかし、三次元表示は困難であるため、ほとんどの場合、地質分布、岩級分布、風化度分布などの表示は、平面図や鉛直断面図、水平断面図の二次元で行われている。必要に応じて三次元表示に近づけるため、複数の断面図を組み合わせたパネルダイヤグラム、ブロックダイヤグラムなどが作成されている。これらの各種二次元図の組み合わ

せによって表示できるのは、あくまでも表示された二次元断面のみであり、そのほかの空間の情報を把握することは不可能である。

ボーリング孔（コア）は実際には円筒形の三次元であり、局所的ではあるが、層理面、断層などの不連続面の三次元情報を与えてくれる。しかし、ボーリング孔（コア）は多くの場合、平面図ではゼロ次元、断面図では一次元の情報として表示されており、ボーリング孔（コア）が保有している三次元情報を的確に表示できていない。

## 3. わかりにくい地質の三次元分布

二次元表示の図から地層・岩体などの三次元分布を把握するには、大学などで地質学の教育を受けた上である程度の経験を積む必要がある。大学の地質関連学科の出身者でも複雑な地質の三次元分布を二次元表示の図から把握するのは困難である。さらに、二次元図に異なる種類の等高線を表示する際にも、それらの情報を的確に把握するのは至難の業である。たとえば、地形の等高線と岩級の等高線の重ね合わせ図の例などである。

このように地質学の教育を受け、ある程度の経験が必要であることが、地質図および工学地質図などの利用者である土木構造物の設計者や防災関係者にとって地質図などのわかりにくさとなっている一因である。ましてや一般市民にとって地質図のわかりにくさ、ひいては地質学を含む地球科学の難解さの一因であろう。

地質図は地図の範疇に入るものである。地図の代表格はなんとといっても地形図である。たとえば

\*独立行政法人土木研究所

国土地理院発行の5万分1および2万5千分1地形図に表示されているのは、等高線、道路、鉄道、植生、主要な建造物などである。地形も地質と同じくすべて三次元である。この三次元の地形を地形図では、等高線で表現している。等高線で表示された地形を三次元的に理解することは、ある程度、読図の訓練をすれば、容易にできるようになる。国土地理院では2013年11月から、新たに2万5千分1地形図に陰影をつけ地形の立体感が増すようにしている（2013年に発行されたのは10面）<sup>1)</sup>。地形図の読図に関する初心者向け書籍は、登山関係を中心に多数発行されている。さらに地形、地質の関係者向けには、地形から地形の構成物質である地質が読み取れることが、鈴木の一連の大著<sup>2)</sup>によって示されている。このように地形図の読図に関しては、初心者から専門家向けまでのあらゆる書籍が発行され、現在でも入手可能である。他方、地質図に関しては、読図に関する書籍には、古くは藤田ほか<sup>3)</sup>があったが、現在、新刊本として入手できるものとしては、羽田<sup>4)</sup>、坂<sup>5)</sup>、岡本・堀<sup>6)</sup>、小玉ほか<sup>7)</sup> および脇田・井上<sup>8)</sup>、がある。しかし、残念ながらも初心者向けではない。地質図の読図に関する普及書がないことも地質図の一般への浸透がはかられていない要因である。

## 4. 地質情報の三次元化の動向

### 4.1 地形情報の三次元化

地図の代表格として地形図を先に取り上げたが、2000年頃から我が国でも航空レーザ計測が実用化され<sup>9)</sup>、地形図作成は従来の航測図化から航空レーザ計測（いわゆるレーザプロファイラー（LP）、レーザスキャナー、LiDARとよばれている方法）に主流が移りつつある。航空レーザ計測では、計測方法などによっては20cm間隔の等高線で地形図を作成することが可能であり、微地形の判読に威力を発揮している。これだけ精緻な地形図が作成されると空中写真の実体視は不要ではないかと思われるほどである。レーザ計測では地形データを正確な位置情報を持つ数値データとして直接取得できるため、三次元地形モデルが容易に作成できる<sup>9)</sup>。このため等高線図のほかにも、たとえば陰影（起伏）図、実体視が可能なペアーの等高線図・陰影（起伏）図、斜め上方など任意の視点から見た等高線図・陰影（起伏）図、赤色立体地図<sup>10)</sup> など様々な表現が可能であり、三次元的な視認性を高めている。

### 4.2 地質情報の三次元化

それでは地質情報の三次元化の動向はどのようになっているだろうか。地質の三次元化の動向を把握するため、独立行政法人科学技術振興機構のJ-STAGEに「地質」と「三次元」のキーワードを入れ、文献を検索した。その結果、1998件がヒットした（平成26年2月4日現在）。これらのうち、ヒット率上位1000位までの文献について題名および要旨を吟味したところ、668編は明らかに地質または三次元を主題としていないと判断されたもの、または三次元化に関する特集号のまえがきなどであったので、残る332編について分野の選別を行った。

図1は分野の構成比率を示したものである。斜面関係（地すべり、落石、崩壊など）、地下水関係（地下水、浸透流など）、資源関係（石油、石炭、鉱物、地熱、資源探査など）および物理探査関係などの地質の応用分野の占める比率が多く、合計すると、54.82%となり半数以上を占める。他方、地質分布・地質構造などの純粋な地質に関連するものや地質の三次元化の方法論に関するものは、意外と少ない。このように地質に関する三次元化は、地質の実用面で多く扱われているといえる。これは実用面で地質分布などの情報を三次元表示する必要性が高いためであると考えられる。なお、図1の「その他」には岩盤力学、土質力学、トンネルに伴う地山の変形などの土木地質に関するものやGISに関するものなどが含まれている。

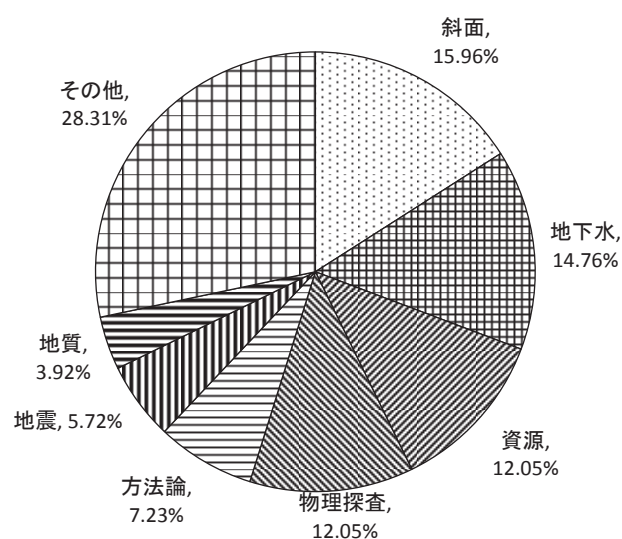


図1 地質・三次元化に関する文献の分野別の比率

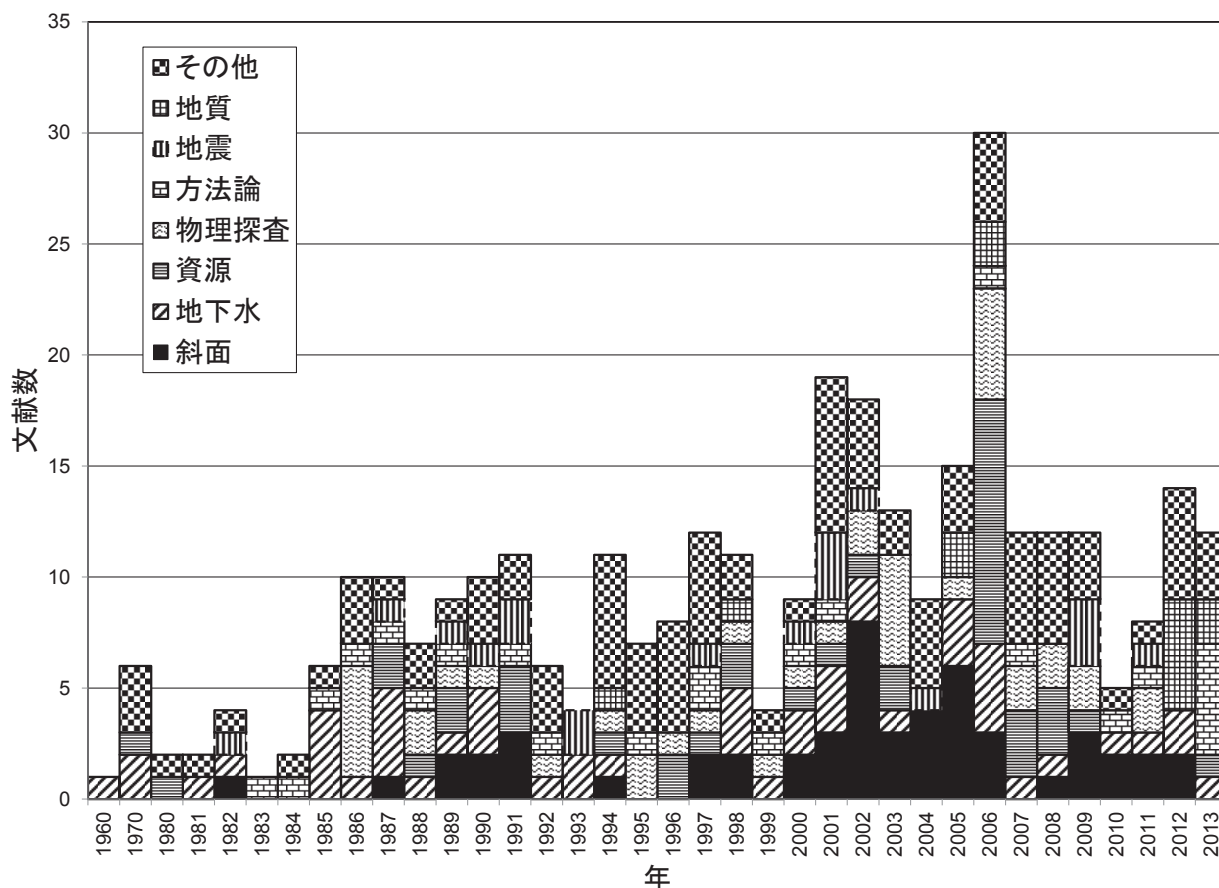


図2 地質・三次元化に関する分野毎の文献数の変遷

図2は332編について文献数の変遷を示したものである。なお、図の横軸で1960とあるものは1960年代以前、1970とあるものは1970年代の文献数をまとめて示してある。図のように年当たりの文献数は大まかに次のような変遷を示している。1985年までは6編以下、1986年からは一時減少する時期もあるが、10編前後から、2006年の30編のピークに向けて全体に増加傾向が認められる。2006年のピーク後は5～15編で推移している。1986年から文献数が急増したのは、パーソナルコンピュータおよびGISの普及に関連していると考えられる。

分野に区分すると文献数の変遷の傾向には、特徴は認めがたくなる。わずかに特徴的であるのは、2001～2005年にかけて斜面関係、2006～2008年にかけて資源関係、2013年に方法論の文献がそれぞれ相対的に多いことくらいである。2013年に方法論の文献が多いのは、日本地質学会発行の「地質学雑誌」に「特集 三次元地質モデル研究の新展開に向けて」<sup>11)</sup>が生まれ、方法論に関する総説が多数掲載されたからである。以降、主要な分野について三次元化の概要を述べることとする。

#### 4.3 地質の三次元化の方法論

Yamamoto & Nishiwaki<sup>12)</sup>は、計算機を用いた地質構造の自動解析法を提唱した。小川<sup>13)</sup>ほかはこの方法を用いて構造立体視図を作成している。これらの文献は我が国における計算機を用いた三次元図作成の萌芽的なものであると考えられる。その後、1980年代に大阪市立大学の塩野、弘原海、升本らの研究グループによって、立体図作成の論理やプログラムに関する研究が行われている（例えば、塩野<sup>14)</sup>、升本ほか<sup>15)</sup>、升本ほか<sup>16)</sup>、本田ほか<sup>17)</sup>など）。地質図を三次元表示するには、三次元地質モデルを構築する必要がある。升本ほか<sup>18)</sup>によると三次元地質モデルの基本要素は、升本・塩野<sup>19)</sup>によって提案された。地質構造の論理モデルをもとにした三次元地質モデル構築システムの基本形は、Sakamoto et al.<sup>20)</sup>によって開発された。

#### 4.4 斜面関係における三次元化

斜面関係の三次元化に関する研究は、地すべりを対象としたものが圧倒的に多く、落石、崩壊を対象としたものが続いている。地すべりに関しては、三次元安定解析、三次元浸透流解析、三次元

変位計測，すべり面の三次元分布，地すべり移動体の鳥瞰図表示などがある。落石に関してはほとんどが三次元数値シミュレーションに関するものである。崩壊に関しては三次元変位計測に関するものが多い。

#### 4.5 地下水関係における三次元化

地下水関係では，三次元地下水流動解析，三次元浸透流解析に関する研究が圧倒的に多く，そのほか地下水の流動を把握するための三次元地質モデルの構築などに関する研究が行われている。浸透流解析では，定常状態，比定常状態について準三次元，三次元の解析が行われている。地下水に関しての三次元地質モデルの構築は，ヒートポンプの導入，掘割道路の建設，山岳トンネルの建設を対象に行われている。

#### 4.6 資源関係における三次元化

資源関係における地質の三次元化に関する研究は，圧倒的に石油関係が多い。なかでも物理探査とも重複するが（物理探査を手法としていても主題が資源探査である場合は資源探査に含め，資源を調査対象としていても物理探査手法が主題の場合には物理探査に含めた），三次元地震探査に関するものも多く，そのほか油層シミュレータ，堆積盆の三次元形状・三次元地質モデル・三次元シミュレーションについての研究が行われている。高野・辻<sup>21)</sup>は石油探査開発における三次元地質モデリングの代表的なものとして，地質構造モデリング，堆積盆石油システムモデリング，層序モデリングおよび貯留層モデリングをあげている。

#### 4.7 物理探査関係における三次元化

物理探査関係では，三次元地震探査が圧倒的に多く，次いで三次元反射法地震探査，重力探査による地下構造の三次元化，比抵抗法による三次元モデリングなどに関する研究が行われている。三次元地震探査は資源探査，地下構造の解明を対象として行われている。重力探査および反射法地震探査は三次元地質構造の解明のために行われているものが多い。

### 5. 高まる地質情報の三次元化への期待

2011年3月11日に発生した東日本太平洋沖地震は，マグニチュード9.0という未曾有の海溝型地震であった。この地震では津波による甚大な被害が

発生したほか，液状化による建築物や社会資本の被害も広範囲に及んだ。特に東京湾岸地域の一般住宅の液状化による被害は，広範囲にわたり甚大なものであった。この液状化被害を契機に一般市民の地盤に対する関心も高くなり，報道によると自宅の地盤の履歴を確認するため，旧版地形図の閲覧数が急上昇した。旧版地形図をみることによって我が家の土地の由来，沼沢地や水田のような軟弱な地盤ではないかどうかを知ろうとしたものである。

遡って1995年の兵庫県南部地震の際には，震度7のいわゆる震災の帯と呼ばれた被害の激甚地域が認められた。この震災の帯は，1種地盤，2種地盤などの表層地質のみでは，その成因は理解されるものではなく，深部地盤の構造と物性の三次元分布に起因していた。このことから，政府の地震調査研究推進本部では，主要都市の強震動予測を行うため，都市が立地する堆積平野の深部地盤構造が調査されることとなった。

このように大地震を契機に一般市民や地震関係者などの地盤への関心は高くなっているが，地質図の閲覧や購入が増加したとの報道に触れたことはない。これは，地質図の認知度が低いことや既述のように地質図のわかりにくさによっているものと考えられる。

一般市民にとっての地質を化石採取や鉱物採取の対象としてのみでなく，防災などにつながる国土の基本情報として，わかりやすく説明することが，私達，地質に係わるものに求められている。そのためにも地質分布などのわかりやすい三次元表示が望まれている。

### 6. 地質情報の三次元表示の望ましい姿

地質図などの地質情報の三次元表示は，地質関係者のみならず一般市民からも強く望まれているところである。三次元表示の真価を発揮するためには，表示に当たっては紙面で表現するのではなく，パーソナルコンピュータあるいは近年普及が著しいタブレット型端末などでの表示が強く望まれる。表示に当たっては，任意の角度からの鳥瞰図表示，任意の測線での断面図表示などが行える必要がある。また，地盤・地質情報の提供は，Raghavan et al.<sup>22)</sup>が示しているようにインターネットを通して行われることが望ましい。さらに，升本ほか<sup>23)</sup>が地質図作成および紙面の地質図の問題点としてあげている客観性，再現性，拡張性，適合性，柔軟

性および汎用性を解決する必要がある。

上記の問題点のうち、必ずしも地質の専門家でない人々でもコンピュータ、タブレット型端末などで自由に三次元表示が行うことができ、任意の断面図を作成することが可能となるからには、特に客観性に関していくつか留意すべき点がある。

- 1) 地質図作成の根拠となった露頭、ボーリングコアなどの位置を明示する必要がある。
- 2) 地質境界線などの存在確実度、位置正確度を示す必要がある。これらを実現するには2012年に改正されたJIS A 0204および2013年に改正されたJIS A 0206に従えばよいと考えられる。

## 7. おわりに

地質情報は国土の基本情報の一つであり、国民共有の財産である。今後、防災・減災をめざし安心・安全な国づくりをするため、効率的な社会資本の整備をするためには、わかりやすい地質情報の三次元表示が必要である。この観点からの一般社団法人全国地質調査業協会はじめ関連学会、機関の研究・開発が望まれる。

### 〈参考文献〉

- 1) 国土交通省国土地理院：「11月1日から新たな2万5千分1地形図の刊行を開始」, <http://www.gsi.go.jp/chizuhensyu/chizuhensyu60002.html>, 2013年, 平成26年2月8日閲覧
- 2) 鈴木隆介：建設技術者のための地形図読図入門, 第1巻～第4巻, 1997年, 1998年, 2000年, 2004年
- 3) 藤田和夫・池辺穰・杉村新・小島丈児：「地質図の書き方と読み方」, 古今書院, 1955年
- 4) 羽田忍：「地質図の読み方・書き方」, 共立出版, 1990年
- 5) 坂幸恭：「地質調査と地質図」, 朝倉書店, 1993年
- 6) 岡本隆・堀利栄：「地質図学演習」, 古今書院, 2003年
- 7) 小玉喜三郎・磯部一洋・湯浅真人：「見方・使い方 地質図」, オーム社, 2004年
- 8) 脇田浩二・井上誠：「実務に役立つ地質図の知識」, オーム社, 2006年
- 9) 向山栄：「航空レーザ計測技術から考える地表面モデル」, 平成24年度特別講演およびシンポジウム予稿集, 「最近の地形の計測技術と応用地質学への適用」, 日本応用地質学会, pp.2-10, 2012年
- 10) 千葉達朗・鈴木雄介：「赤色立体地図—新しい地形表現手法—」, 応用測量論文集, 15, pp.81-89, 2004年
- 11) 日本地質学会：「特集 三次元地質モデル研究の新展開に向けて」, 地質学雑誌, 119, 2013年
- 12) Yamamoto, K. and Nishiwaki, N.: FORTAN program of preparing contour map for geologic use. Kyoto Univ., Fac. Sci. Mem., Ser. Geology and Mineralogy, 41, 1, pp.1-34, 1975
- 13) 小川直樹・山本嘉一郎・西脇二一：「走向傾斜データによる荘川地域の手取層群の地質構造自動解析」, 情報地質, 1979,

No.4, pp.27-38, 1979年

- 14) 塩野清治：「格子データによる立体図作成用基礎サブルーチンSPLOT」, 情報地質, 8, pp.67-74, 1983年
- 15) 升本眞二・弘原海清・塩野清治：「パソコンによる立体コンターの作成」, 情報地質, 11, pp.167-175, 1986年
- 16) 升本眞二・弘原海清・野藤孝裕・塩野清治：「カラー立体地質図のコンピュータ作図処理」, 情報地質, 12, pp.287-298, 1987年
- 17) 本田健一・升本眞二・塩野清治・弘原海清：「数理的手法による地質図作成手順」, 情報地質, 12, pp.341-350, 1987年
- 18) 升本眞二・塩野清治・根本達也・野々垣進：「三次元地質モデルの基本要素と地質構造の論理モデル」, 地質学雑誌, 119, pp.519-526, 2013年
- 19) 升本眞二・塩野清治：「3次元電子地質図の要素」, 日本情報地質学会シンポジウム2001講演論文集, pp.15-18, 2001年
- 20) Sakamoto, M., Shiono, K., Matsumoto, S. and Wadatsumi, K.: A computerized geologic mapping system based on logical models of geologic structures, Non-renewable Resources, 2, pp.140-147, 1993
- 21) 高野修・辻隆司：「石油探鉱開発における三次元地質・貯留層モデリング：堆積学・シーケンス層序学・サイスミック地形学・物理探査学・地球統計学の融合による地質モデルの構築」, 地質学雑誌, 119, pp.567-579.
- 22) Raghavan, V., Masumoto, S., Nemoto, T. and Shiono, K.: Development of SISGem: An online system for 3D geological modeling. Geoinformatics, 11, pp.110-111.
- 23) 升本眞二・塩野清治・根本達也・野々垣進：「三次元地質モデルの基本要素と地質構造の論理モデル」, 地質学雑誌, 119, pp.519-526





## CIM への取り組み

あきやま やすひさ  
秋山 泰久\***K**ey Word CIM, BIM, 3次元モデル, 属性情報

### ▼1 はじめに

ここ数年でボーリングデータなど地質に関する情報を公開する自治体等が増え、データ二次利用の環境がようやく整い始めてきた。公開される情報についても、PDFなど二次利用するにも“データ化”しなければならない状況から、XML等を直接入手できるようになり、容易にデータ利用が可能となってきている。これは、この10年余のICTの進展により、日常業務で当たり前の様にインターネット等を活用し、CADソフトはもとよりGISソフトをも日常ツールとして利用するような環境が整備され、ユーザ側のスキルも向上し、質の高い電子納品の促進・データの蓄積が進んだ結果といえよう。

このように“日常的”に電子納品用データの作成が行われるようになってきてはいるが、市町村発注の業務にまで浸透したとは言えず、電子データの作成・蓄積にはまだまだ問題が残っているのも事実である。

このような状況の中、ここ1~2年“CIM”という見慣れない単語が散見されるようになってきた。“CIM”は、今後我々の業務に密接に関係してくる事が現実味を帯びてきている。そこで本稿では、“CIM”についての概要等を説明するとともに、全地連としての取り組みについて述べる。

### ▼2 CIM とは何か

CIMとは、Construction Information Modelingの略称であり、国土交通省では建築分野でのBIMを建設分野に拡大導入し、「計画・調査・設計段階から3次元モデルを導入し、その後の施工、維持管理の各段階においても3次元モデルに連携・発展させ、あわせて事業全体にわたる関係者間で情報を共

有することにより、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図る<sup>1)</sup>」ものと位置付けている。ここで、CIMのベースとなる“BIM”というものが登場する。“BIM”とは、Building Information Modelingの略称で、建築分野では活用が進められており、構造物を3次元形状でモデリングする所までは3次元設計と同様であるが、材料・部材の仕様をはじめ型番・コストや場合によっては施工手順情報など、様々な属性情報を付与したモデルを構築・活用する事をいう。3次元モデルの利用により、構造物の干渉確認をはじめ、完成形モデルを確認しながらの合意形成等への活用、また、属性情報を利用した部材数量・金額の自動算出などが行えるなど様々なメリットがある。

この技術の考えを発展させたものがCIMであり、国土交通省では、「公共事業の計画から調査・設計、施工、維持管理そして更新に至る一連の過程において、ICTを駆使して、設計・施工・協議・維持管理等に係る各情報の一元化及び業務改善による一層の効果・効率向上を図り、公共事業の品質確保や環境性能の向上、ライフサイクルコストの縮減を目的<sup>2)</sup>」としている。また、BIMと大きく異なるのは、維持管理までの活用をも念頭においている事であり、計測機器の組み込み等による高度化も目指している(図1参照)。

CALS/EC(以下、“CALS”という)の導入により調査・設計・施工等、各事業単位でのICTの活用・整備は進んだものの、建設生産システムとしての活用・展開までには至っていない。データについても電子納品のルール化による成果の蓄積は進んでいるものの、利活用については今ひとつ進んでいないのが現状である。

\* (一社)全国地質調査業協会連合会 情報化委員会 委員長

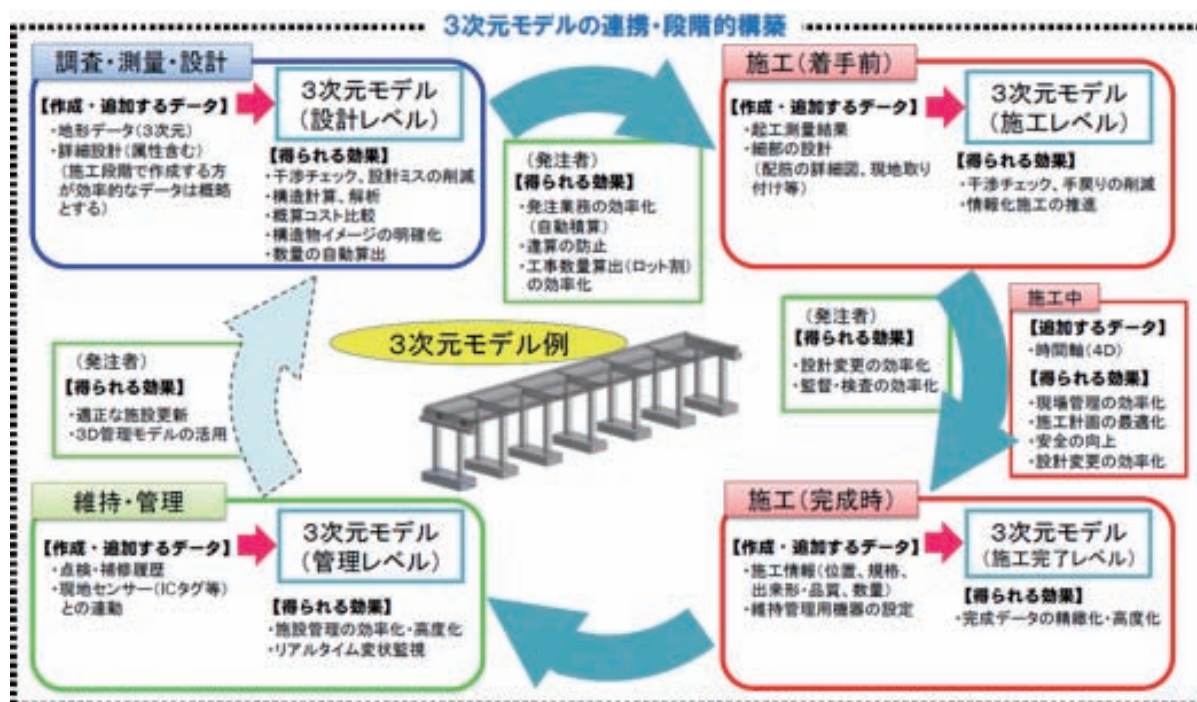


図1 CIMの概念<sup>1)</sup>

この様にCASLでは、パーツとしての技術は進んだものの、目標とした建設生産システム全体の改善には至らなかったと言える。これを改善・発展させるものがCIMであると言える。

CALSとCIMは目指す理想は同様ではあるが、CIMでは、CASLで蓄積された成果を活用し、さらなる建設生産システム全体の高度化、新しい建設管理システムの構築を目指している。特にCIMでは、CASLで実現できていない属性を付与した3次元モデル等を構築・利用する事が大きく異なり、また、発想的にもCASLの様な“各フェーズ間におけるデータの受け渡し”から、“共通するデータを取りに行く”という、全ての関係者が同一の3次元モデルにより情報を共有する方向を目指している。CIMの導入による効果として、下記に示す事項が期待されている<sup>3)</sup>。

- ① 情報の利活用 (設計の可視化)
- ② 設計の最適化 (整合性の確保)
- ③ 施工の高度化 (情報化施工), 判断の迅速化
- ④ 維持管理の効率化, 高度化
- ⑤ 構造物情報の一元化, 統合化
- ⑥ 環境性能評価, 構造解析等を目指す

CIMが実現できたあかつきには、CIMにより日本の全てのインフラを情報として定義・構成し、様々な目的での利活用を可能とするほか、3次元モデルの仮想空間に“仮想日本”を作ること技術的目標と定めている。この仮想モデルが完成すれば、様々な災害想定による被害状況等の防災のシミュレー

ションや、数十年後の施設の状況も予測できる可能性があるほか、あらかじめ様々な試行をすることで、実際の日本に適切な防災計画や維持修繕計画などの検証ができる可能性があるとしている。

また、CIMが単に3次元プロダクトモデルを用いただけでは効率化は期待できない事から、プロジェクトの関係者相互がプロダクトモデルを確認しながら、相互に意見を交換する場が必要となり、これら意見を取りまとめて事業を進める役割として“CIMマネージャー”の導入も検討されている<sup>3)</sup>。

### 3 CIMへの取り組み状況

平成24年12月に策定された、「第3期国土交通省技術基本計画」では、7つの重点プロジェクトを掲げている。このプロジェクトのうち、「Ⅶ. 建設生産システム改善プロジェクト」では、「建築分野において導入の進むBIMの要素を建設分野に取り入れたCIMの概念を通じ、建設生産システムのブレイクスルーを目指す」としており、建設生産システム改善のプロジェクトにおいて、CIMは重要な位置付けとなっている<sup>4)</sup>。

国土交通省では、平成25年3月に策定した「情報化施工推進戦略」においても、情報化施工に関連するデータ利活用に関する重点目標として、「CIM導入の検討と連携し、CIMにより共有される3次元モデルからの情報化施工に必要な3次元データの簡便で効率的な作成や、施工中に取得できる情報の維持管理での活用を目指す」としている<sup>5)</sup>。

この様に、国の施策としてCIMを推進していく事となるが、CIMを成功させるためには、我々受託者側の都合やワークフローを考慮してもらう必要があり、CALSのように、“手間だけがが増えてメリットが感じられない”ようでは、積極的に取り組もうという意識も生まれない。このため、受託者側の意見も十分反映できるような検討を行うため、JACICが取りまとめ役を務める「CIM技術検討会」が2012年7月に発足した。メンバーは全地連のほか、全測連や建コン協など、CIMに関連する11機関がメンバーとなり、3次元モデルをはじめ、様々な技術的検討を始めている（図2参照）。

また、国土交通省においても、2012年8月に「CIM制度検討会」を立ち上げており、本省や地方整備局、国総研などを中心に、全地連や土木学会など民間団体のメンバーも含め、現行制度・基準などについての課題整理やCIMに向けての検討を開始している。これら検討会は独立した動きをするのではなく、それぞれが役割分担を行い、産官学一体となってCIM実現に向けて進もうとしている。

民間等においても、CIMに向けた対応が開始されており、建設コンサルタンツ協会では、平成25年度よりCIM技術専門委員会を設置しCIM推進に取り組みだしており、土木学会においても土木情報学委員会を発足させ、CIMに向けた取り組み等を強化しているほか、CIMに関する講演会を全国で実施している。

国土交通省においては、CIMの試行として、平

成24年度よりモデル事業を実施している。平成24年度では、詳細設計を対象とした全国11のモデル事業を実施しており、対象は橋梁が6事業と最も多く、土工関連2事業、調整池・トンネル・地盤改良がそれぞれ1事業となっている。

平成25年度においても、領域を拡大しながらモデル事業を継続実施しており、CIM実現へ向けた検証を行っている。

#### 4 CIMの問題点

CIMは前述の通り3次元モデルが基本となる事から、様々な課題・問題が出てくる事が予想される。平成24年度に実施したモデル事業においては、実施後にアンケートを行い、問題点等について取りまとめている。一般的に考えられる問題点も含め、現状考えられる問題点を以下に示す。なお、これら問題は受託者側だけの問題ではなく、発注者を含めた全体の問題である。

##### 4.1 一般的な問題

###### (1) ハードウェアの問題

現在の受託業務では、3次元地形モデルを活用した業務や、3次元地盤モデルによる解析などは少数であり、大半が2次元モデルで実施されている。このため、CIM実施に際しては、3次元モデルを容易に利用できるハードウェアへの移行が求められる。例えば、3次元モデルを容易に表示・動作可能なグラフィック機能の強化やメモリの増設、CPUのハ

1) 民間を主体とした 技術開発の検討	2) 官がとりまとめる 制度検討	3) モデル事業等での 試行の実施
<p style="text-align: center;"><b>CIM 技術検討会</b> (H24.7.4~)</p> <p><b>【目的】</b> CIMを実現するため、三次元オブジェクト等を活用し、様々な技術的な検討を行う</p> <p><b>【メンバー】</b> JACIC、先端建設技術センター、機械施工協会総合研究所、物価調査会、経済調査会、国土技術研究センター、日本建設業連合会（土木）、全国建設業協会、建設コンサルタンツ協会、全国測量設計業協会連合会、全国地質調査業協会連合会、 (オブザーバー：国土交通省、国総研、国土地理院、土木研究所)</p> <p><b>【検討事項】</b> 1) 設計、施工、維持管理に関する技術開発の方向性の検討 2) CIM実用化に向けた人材育成方針の検討 3) 施行事業についてサポート体制の検討、試行結果のフォロー 4) データモデル、属性データに関する技術的検討等</p>	<p style="text-align: center;"><b>CIM 制度検討会</b> (H24.8.10~)</p> <p><b>【目的】</b> 建設生産プロセス全体（調査・測量・設計、積算、施工・監督・検査、維持・管理）にCIMを導入するために現行の制度、基準等についての課題を整理・検討し、CIMの導入を推進する</p> <p><b>【メンバー】</b> 国土交通本省、地方整備局、国総研、国土地理院、土木研究所、建築研究所、土木学会、建築学会、日本建設業連合会、全国建設業協会、建設コンサルタンツ協会、全国測量設計業協会連合会、 (オブザーバー：JACIC、先端建設技術センター、機械施工協会総合研究所)</p> <p><b>【検討事項】</b> 1) CIMの導入に向けた現行建設生産プロセスにおける課題検討 2) 建設生産プロセスの効率化を図るための各段階におけるCIMのレベル検討 3) CIM導入のための制度、基準等の検討</p>	<p style="text-align: center;"><b>設計段階での試行</b></p> <p>道路詳細設計、橋梁設計、トンネル設計などでCIM導入による効果の検証、課題の抽出などを目的とした試行を実施する。 H24年度、全国直轄事業のうち11件をモデル事業とし、設計業務からの試行を実施した。</p> <p style="text-align: center;"><b>施工段階における課題の抽出</b></p> <p>H25年度、設計から施工に受け渡すデータの検証、CIMによる施工管理の有効性や課題を抽出するため、3Dモデルを活用したモデル工事において効果等を検証する。また、モデル工事以外の工事について拡大を検討する。</p>

図2 CIMの検討体制<sup>1)</sup>

イスベック化など、いわゆるワークステーション並のスペックが要求される事となる。データ容量も増加する事を考慮する必要があり、ハードディスクの増設やバックアップ体制の強化、データ読み書き時間など作業環境改善を考慮したSSDの導入や納品媒体の変更など、導入・運用コストの増加は免れないものと思われる。

## (2) アプリケーションソフトウェアの問題

アプリケーションソフトウェア（以下“ソフト”という）については、3次元CADやこれに連動した解析ソフト等いわゆる“CIMに対応したソフト”を導入する必要性が生じる。3次元モデルを扱えるソフトは、その基幹部分の大半が外国製であり、この基幹部分を組み込むためには多額のライセンス料を支払う必要があることから高価なソフトとなる場合が多く、2次元CAD等と比較すると高額となる場合が多い。

CIMは調査～維持管理まで“共通するデータを取りに行く”という考えである事を勘案すると、“地質に関連した機能のみを備えたソフト”を導入しただけでは、正しいモデルを閲覧できないケースも考えられる。共通するデータを正しく扱うには、設計等で利用する機能をも備えた、いわゆる“フルスペックのソフト”を導入する必要性が出てくることも考えられ、日常ほとんど利用しない機能を有する高価なソフトを導入する事となる可能性がある。

これらCIM対応ソフトはソフトウェアベンダー等より購入する事となろうが、これは、業務を遂行するためにソフトウェアベンダーに依存する結果となり、ソフトのアップグレードや保守など全てがソフトウェアベンダー中心に動いてしまう。このため、導入費用以外にも高額な運用・保守費用等が発生する可能性は高い。また、CIMデータの仕様などこれから検討される内容が多々あり、これら仕様を反映させた“CIM専用のソフト”は、現状よりもさらに高価になることも懸念される。

## (3) モデル作成・利用等の問題

モデル作成においては“3次元モデル作成+属性情報付与”という作業に移行する事から、オペレータの養成が必須であるほか、2次元モデルよりも作成時間を要する事は明白であり、これはコスト増加にもつながる。また、3次元モデルを作成するという事は、例えば地質の専門家が頭の中で描いている地層の3次元的な広がりを見える作業となり、2次元ではオペレータで可能であった作業も不可能になる可能性がある。

モデルの利用に関しても、全ての業務が3次元モデルで遂行されるため、業務に関わる者は3次元モデルを取り扱うスキルを身につける必要がある。特に、“共通するデータ”を利用する事から、“地質”に関する情報以外にも、業務に関連する全ての情報について取り扱う事ができるスキルが要求される可能性が高い。

## 4.2 モデル事業での効果

国土交通省が平成24年度に実施したモデル事業に対し「第3回CIM制度検討会」において効果検証の報告が成された<sup>1), 3)</sup>。

効果検証項目としては、打合せから測量、地盤データの確認のほか、設計、数量計算、仮設・施工計画など、実際に施工に至る過程での検証を行っている。効果が認められたものには、①相互理解の促進、②設計意図・条件確認の効率化、③データ共有化等を含め作業の効率化、④地形、鉄筋などの干渉チェック、⑤不整合箇所の確認、⑥数量計算の自動化による効率化などがあげられている。

主な問題点としては、①PC（ハード）のスペック不足、②資機材への投資負担、③非効率なソフト間のデータ授受、④地層モデル化は専門知識が必要、⑤世界測地系座標への変換が必要、⑥土量算出など現手法に合わせる手作業発生、⑦人材の育成など、実際の運用においては課題が山積していることがわかる。

地質に関連する評価対象は「3次元モデル作成の効率化」であったが、地形の3次元モデルに関する評価が大半であり、地質に関する評価が成されていない状況にはない。

## 5 地質の観点からのCIM

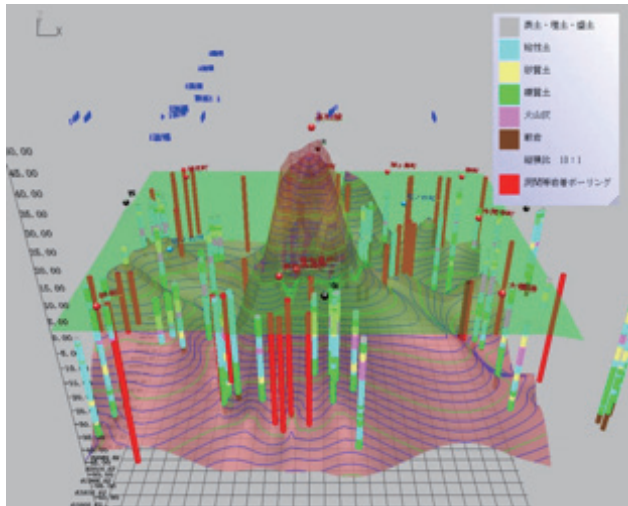
地質の3次元モデル作成の根本的な問題として、“地層を3次元モデルで表現できるか”という問題がある。地層の3次元モデルでは、傾斜、褶曲、逆転、断層等による不連続、貫入、オーバーハング、空洞など、様々な現象を表現する事が求められる。これら複雑な構造を伴う地層をモデル化できるかどうか、表現できる方法があるかについて検討を進める必要がある。当然、弾性波探査結果の“低速度帯”を3次元モデルでどの様に表現するのか等の問題もこれに含まれる。

モデルに求められる仕様については、今後の検討により決められることとなるが、設計・施工等からの利用要求に応えられるモデルを構築する技術が追従できるか、逆に地質の3次元モデルの表現限界に設計・施工側の要求を合わせる事ができるのかは今

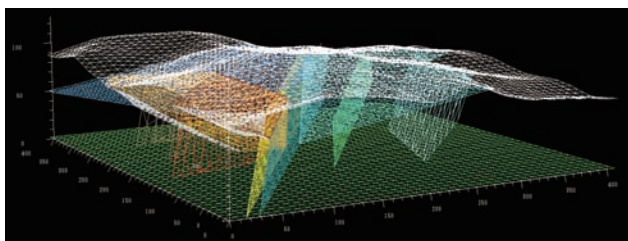
後の検討になろう。

現状の技術で地質の3次元モデルを構築する場合、大別すると以下の3種のモデルが考えられる(図3参照)。

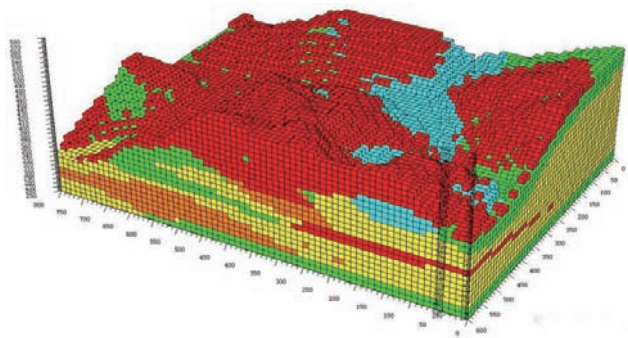
- ① 3次元表現をした地表面に、柱状図を投影
- ② 地層境界を“面”として考え、面の広がり方で表現したサーフェスモデル
- ③ 地層を細かい立方体の集合と考え、それぞれの立方体に地層属性を与えて表現したボクセルモデル



3次元表現した地表面に、柱状図を投影した例<sup>6)</sup>



サーフェスモデルの例



ボクセルモデルの例

図3 3次元地質モデルの例

CIMで用いるモデルは、調査から維持管理まで利用するデータである事から、“誰にでも容易に理解できるモデル”である事が求められる。地質を3次元モデルで表現した場合、最も理解しやすいのは

サーフェスモデルであると思われる。しかし、“1つの地層境界が、どの様な形で分布するか”という観点で見た場合に限る。複数の地層境界を表現した場合や属性情報を付与する場合は、果たして理解しやすく利用できるモデルかは疑問が残る(図3サーフェスモデルの例参照)。また、最も重要な“位置関係”を理解するには、地形データや地形図など地表面情報と同時に見る必要がある。見え方・見せ方の問題はデータ側ではなくソフトの機能に依存する問題であり、ソフト側の対応によりモデルが生かされてくる。

CIMでは、地層についても直接“属性情報”を付与する事が想定されている。地層名であれば、1:1の属性となるため容易に付与する事は可能であり、どの様なモデルを利用しても問題はない。しかし、属性情報の中には、N値の情報を始め土質定数や物理定数など同一地層内においても属性情報が異なるケースが発生する。この様な場合、地層を構成する立方体1つ1つに属性付与が可能なボクセルモデルが適していると言える。ボクセルモデルでは、構成する立方体の大きさが小さい程(地層モデルの密度をあげる程)忠実に地層を表現できるが、データ容量が大きくなるデメリットもある。

この様な属性付与は、技術的にボクセルモデルで対応可能であるが、土質定数などいわば“点”の情報を3次的に展開し、属性情報として付与してしまっても良いかという問題もある。3次的に展開するという事は、“どこを境界に属性情報を変えるか”という大きな問題に直面する。地質の3次元モデルを作成する場合、地質平面・断面図やボーリング情報から作成する手法が一般的と考えられるが、露頭やボーリングの間はいわゆる“推定”の領域である。3次元モデルは一見全てのデータが存在する様な錯覚に陥るが、実際には“推定領域”を含めて表現しているにすぎない。仮に物理探査等を併用して3次的な広がりを持ってきたとしても、それは地層境界等の分布を推定するための補助的情報であり、属性情報の境界を示す根拠になるものではない。この“推定領域”にどの様な根拠で属性情報の境界を引くのか等、属性の付与方法を含め検討していく必要がある。

地質調査の目的は様々であり、地質的観点の図面を作成するのか、工学的な観点の図面を作成するのか等、目的によって大きく異なる。単純に支持層の深度分布を知りたい調査から、トンネル等の様に地質構造から地層状況を反映させる必要がある調査、また、ダム原石山の様に材料毎のボリュームを算出するための調査など様々である。また、道路やトン

ネルなど広範囲に及ぶモデルを作成する必要があるものから、構造物周辺のみ表現できれば良いものまで、その作成エリアも様々である。ある地点の支持層深度を確認するだけの成果にボクセルモデルを作成するのはオーバースペックであり、逆に詳細な属性情報が必要で、かつ、広域モデルを作成しなければならない様な場合、ボクセルモデルではデータ容量的な問題から“利用できない”データとなりかねない。

CIM では、同一モデルを調査～維持管理まで利用する事を想定しているため、様々な目的で利用できる統一したモデルを作成する必要性が生じてしまう。しかし、前述の様に地質を3次元モデル化する場合は技術的な問題以外にも様々な問題がある事から、1つの仕様で対応するのは非常に難しい状況であると言える。であるならば、ボーリング柱状図等に属性情報を持たせて3次元的に表現する方法も十分考えられるのではないだろうか。個々の柱状図等データの該当位置に試験等の属性情報を持たせ、利用者がその情報を解釈する事でも十分利用可能と思われる（図3 3次元表現した地表面に、柱状図を投影した例参照）。さらに地質断面図等の2次元断面情報よりパネルダイヤグラムを作成・併用する事で理解度はさらに向上するものと考えられる（図4参照）。

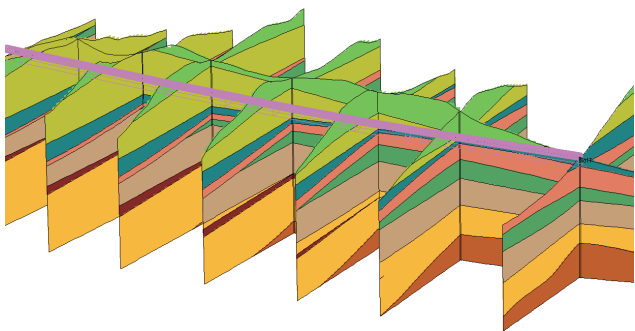


図4 パネルダイヤグラム表現例

## 6 全地連としての取り組み

CIM の検討やモデル事業では、既存技術で対応が容易な設計分野から進められているものの、地質に関する分野は全くと言って良いほど進んでいないばかりか、推進する国土交通省や設計等利用者側の要求すら出てきていないのが現状である。このため全地連では、今年度 CIM に関する2つのガイドブックを作成し CIM への取り組みを推進する予定である。

一つは発注者向けのガイドブックである。地質調査業務の遂行には、調査の基本的な考え方から成果内容の検証等、発注者側も精通している事が必須と

なるが、現実的には難しい問題である。そこで全地連では、発注者向けの資料「地質調査業務発注ガイド<sup>7)</sup>」を作成・配布し、知識向上に努めている。これと同様に、CIM の導入に備え“CIM とはなにか”、“CIM への対応方法”等をわかり易く、簡潔に説明したものを作成・配布することを目指している。

もう一つは実務者向けのガイドブックである。これは、発注者向けの内容に加え、CIM に向けてどの様な準備を行う必要があるか、積算等をどの様に考えれば良いか等を取りまとめたものを目指す予定である。

そのほか、CIM 技術検討会・制度検討会等、引き続き取り組んでいく予定である。

## 7 おわりに

CIM は我々の業務フローを大きく変えてしまう事象であり、業務遂行において大幅な負担増となる事が予想される。国土交通省が示したロードマップでは、平成28年度までに検討を終了し導入段階へと進む計画となっているが<sup>1)</sup>、地質に関しては未だ何も始まっていないのが現状である。

全地連では CIM に関して今後も積極的に取り組み、負担増を極力押さえ、利用目的に見合ったモデル仕様が構築されるよう働きかけて行くとともに、導入に向けて迅速な対応がとれるよう最新情報の発信に努めていく所存である。

### 〈参考文献〉

- 1) 白土正美：国土交通省における CIM の取り組みについて、平成25年度 第1回 JACIC セミナー 建設情報分野の新しい動き 2013, pp.12, pp.14, pp.15, pp.17, pp.18-22, pp.30, 巻末資料, 2013.  
[http://www.jacic.or.jp/movie/jseminar/pdf/movie20130906\\_sirato.pdf](http://www.jacic.or.jp/movie/jseminar/pdf/movie20130906_sirato.pdf) (参照：2014-02-19)
- 2) 国土交通省：平成24年度 国土交通白書, pp.279.
- 3) JACIC：CIM 技術検討会 平成24年度報告, pp.1-2, pp.1-3, pp.3-3～3-4, pp.5-2.  
[http://www.cals.jacic.or.jp/CIM/Contents/CIM\\_Report130430.pdf](http://www.cals.jacic.or.jp/CIM/Contents/CIM_Report130430.pdf) (参照：2014-02-19)
- 4) 国土交通省：第3期国土交通省技術基本計画, pp.20.  
[http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08\\_hh\\_000209.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000209.html) (参照：2014-02-19)
- 5) 国土交通省：情報化施工推進戦略, pp.35～pp.40.  
[http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei\\_constplan\\_fr\\_000015.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_fr_000015.html) (参照：2014-02-19)
- 6) 中田文雄：地質情報等の3次元モデリングと CIM について、日本情報地質学会シンポジウム2013年 講演論文集, pp.46, 2013.
- 7) (一社) 全国地質調査業協会連合会：地質調査業務発注ガイド。  
<http://www.geocenter.jp/guide/guide.pdf> (参照：2014-02-19)

# 甚之助谷地すべりにおける 3次元モデル構築の試み

たなか やすひろ\* ふじた しげのり\*\* あだち ただひろ\*\*\*  
 田中 康博\* 藤田 重敬\*\* 安達 忠浩\*\*\*  
 かつめ やすのり\* にしやま しょういち\*  
 蚊爪 康典\* 西山 昭一\*

**K**  
 ey Word

地すべり3次元モデル, 大規模地すべり, 地すべり対策工変状,  
 地すべりブロック, 航空レーザー計測データ, 3次元モデリングツール

## 1 はじめに

甚之助谷地すべりは、白山の南西斜面の標高1,500～2,000mの区域で発生しており、全国的にまれな高山地域に位置する地すべり地である(図-1)。

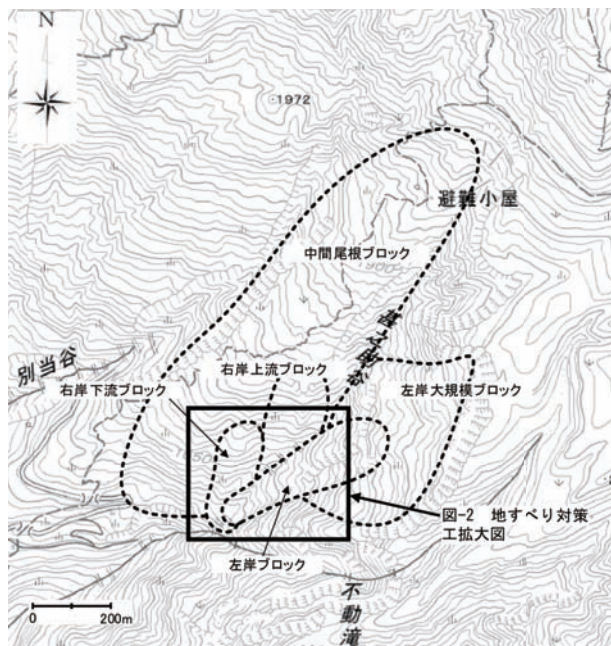


図-1 甚之助谷地すべり全体図

地すべりの兆候は、昭和初期の砂防堰堤完成直後から認められていた。そのため、昭和2年度より移動量測定が開始され、継続的な変動が確認されてきた。昭和37年度から地すべり対策事業が実施され、排水ボーリング工に着手した。その後、地すべり変動が小さくなり、昭和47年に対策事業は概成となっていた。

ところが昭和50年頃より観測計器等で顕著な変動が確認されたため、昭和54年度から調査を開始

し、昭和56年度より地すべり対策事業が再開された。しかし、現在も年間10cm程度の移動が続いている。

昭和54年度の調査再開以降、当地すべり地では3つの地すべりブロック(図-1:左岸ブロック,右岸上流,右岸下流ブロック)を中心に調査,対策が実施されてきた(図-2)。その後,平成11年度の検討委員会を経て,最大の地すべりブロックである延長約1.0kmの中間尾根ブロックの存在が認定され,現在の当地すべりのブロック区分が確定(承認)されている(図-1)。

## 2 3次元モデル構築の必要性

以下の2点の理由により、甚之助谷地すべりでの3次元モデル構築が必要と考えた。

### (1) 甚之助谷地すべりの変動状況と地すべり対策施設変状状況の関連性の把握

甚之助谷地すべりでは、写真-1,写真-2のように地すべり変動によると思われる変状が確認されてきた。

2号排水トンネル(写真-1)や2号集水井(写真-2)は、谷の左岸側に位置している(図-2)。そのため、これらの施設に生じた変状は、中間尾根ブロックや右岸上流,右岸下流ブロックの影響ではなく、左岸ブロックの活動によるものと考えられてきた。しかし、左岸ブロック内の計測データやブロック位置からは、写真-1や写真-2のような施設の変状を合理的に説明し難い状況にあった。

これらの変状は、左岸ブロックの右岸側に位置する中間尾根ブロックの活動の影響も考えられたが、

\*応用地質株式会社, \*\*国土交通省北陸地方整備局富山河川国道事務所, \*\*\*国土交通省北陸地方整備局金沢河川国道事務所

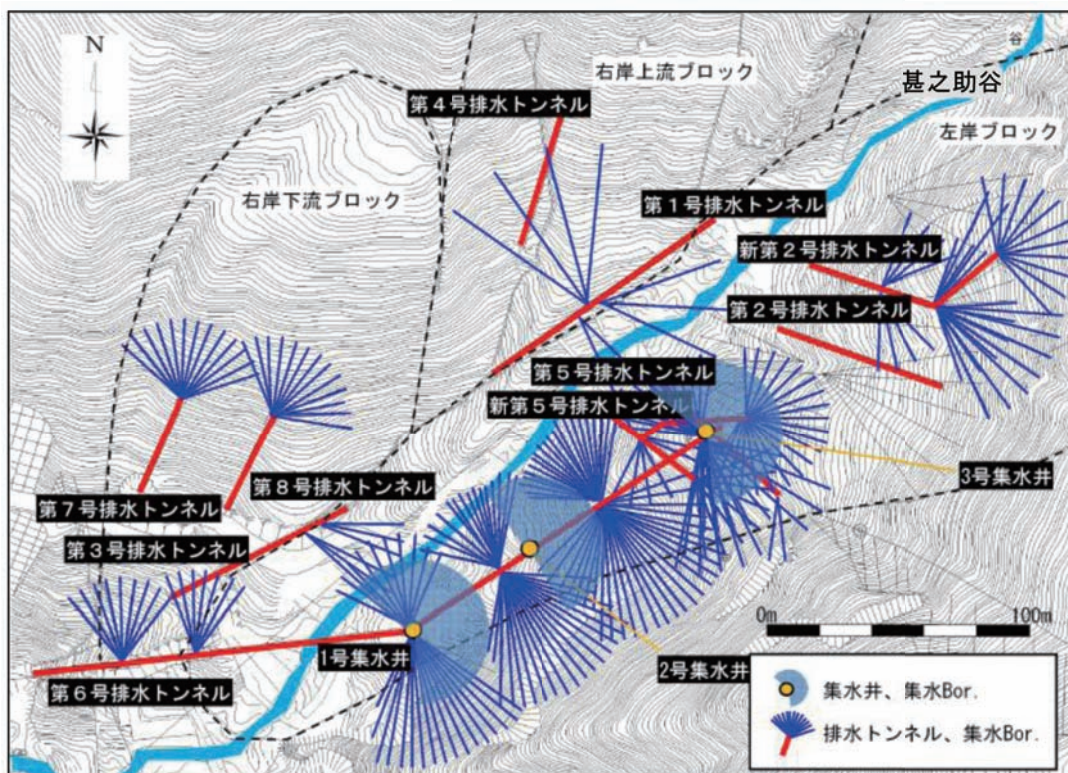


図-2 地すべり対策工拡大図 (図-1の黒枠内)

中間尾根ブロックと変状施設の位置関係を具体的に説明できる資料はなかった。このように、甚之助谷地すべりでは、地すべり対策工変状と地すべりブロックの関連性が不明であった。これらの関連性を明らかにすることは、これまでの事業の評価と今後の地すべり事業を有効に進めるためにも必要であった。

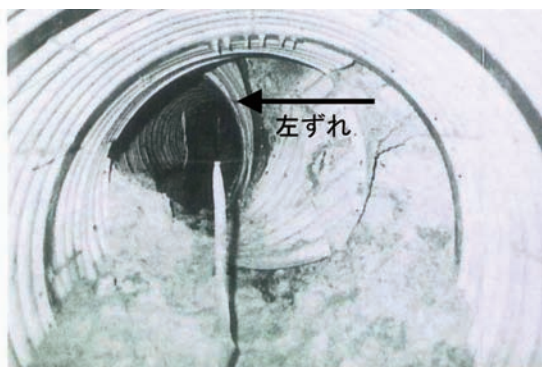


写真-1 昭和57年時の2号排水トンネルの変状

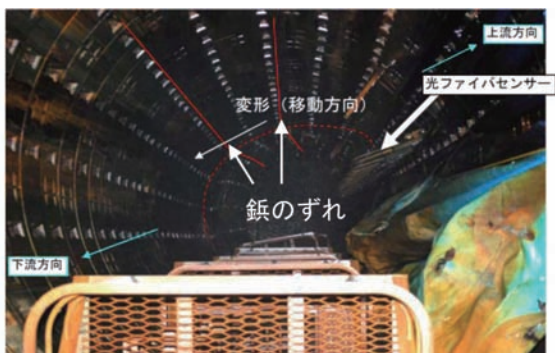


写真-2 2号集水井変状状況 (平成21年)

## (2) 地すべりの形状と規模の把握

これまでの対策事業は、図-2に示すように、左岸ブロックが中心となっていた。しかし、平成11年の委員会で、中間尾根ブロックが認定され、その後は観測により地すべり変動状況を確認している。今後、地すべり対策事業を進める上で、年間変位約10cmの地すべり活動が続く中では、動態観測のみでは事業が概成しないため、ハード対策実施の可否についても判断する必要が出てきていた。そのために、地すべりの形状と規模をより正確に把握する必要があった。

### 3 3次元モデル構築手法

甚之助谷地すべりでは、過年度よりボーリング柱状図、地表踏査結果、地下水位・孔内傾斜計・孔内伸縮計の観測結果が蓄積され、すべり面位置が底部だけでなく、側部、頭部でも明らかになっていた。そのため、前述した課題を解決するためには、長年にわたり様々な形態で蓄積されてきた地盤情報を同一空間内に整理し、3次元モデルを構築して検討することが有効な手法であると判断した。

3次元モデル構築のフローチャートを図-3に示す。3次元モデル作成に必要な要素として数値地図、ボーリング柱状図(約35本)、地表踏査結果、地すべり動態観測結果(地下水位、地表移動量、地中移



動量), 既設対策工変状状況 (排水トンネル, 集水井, 砂防堰堤群)を整理した。次に3次元モデリングツールを使用して, それぞれの要素ごとに3次元データを作成し, それらを同一空間に統合して, 甚之助谷地すべりの3次元モデルを作成した。なお, 3次元モデリングツールは, 各要素の3次元的な整合性を速やかに把握しながらモデル構築を進めることが容易なRhino (Robert McNeel & Associates 製)を使用した。

地形データおよび航空写真は, 航空レーザー計測データ (平成20年11月に計測) を使用し, 5mメッシュの解像度で示した。

すべり面は, 地すべりブロック側部での露頭状況, 動態観測データ, ボーリング柱状図 (基盤岩と地すべり移動土塊として入力) を基にサーフェスモデルとして構築した。

各ブロックのごとの詳細な構築方法を以下に示す。

#### 〈中間尾根ブロック〉

岩盤すべりであることから概ね平滑面としてモデル化した。側面の走向傾斜は, 両側部の谷部に見られる露頭の走向傾斜から決定した。主側線沿いは, ボーリング柱状図より平滑面に近似できると判断し, その延長面と側面を接続した。

#### 〈左岸大規模ブロック〉

岩盤すべりであることから中間尾根ブロックと同様に, 平滑面としてモデル化した。側面の走向傾斜はブロック右岸側部に見られる露頭の走向傾斜から決定した。主側線沿いはボーリング資料より平滑面モデルとし, その延長面と側面を接続した。

#### 〈右岸上流, 右岸下流ブロック〉

側面のボーリングデータが不足していたため, 主側線沿いの既往断面を側面にまで延長し作成した。滑落崖の傾斜と側面の傾斜が同じであると仮定して, 側部のすべり面形状を決定した。

#### 〈左岸ブロック〉

ボーリング柱状図が豊富なため, 近接するボーリングデータの破碎帯位置, 対策工の変状位置, 地表のブロック形状を結ぶ面を作成し, サーフェスモデルとしてモデル化した。

排水トンネル, 集水井は地形図・既往資料からサーフェスモデル (トンネル, 集水井), 3次元のポリライン (集水・排水ボーリング) として構築した。また, 砂防堰堤群は, 位置は地形図から, 形状は砂防施設台帳を使用し, ソリッドモデルとして構築した。

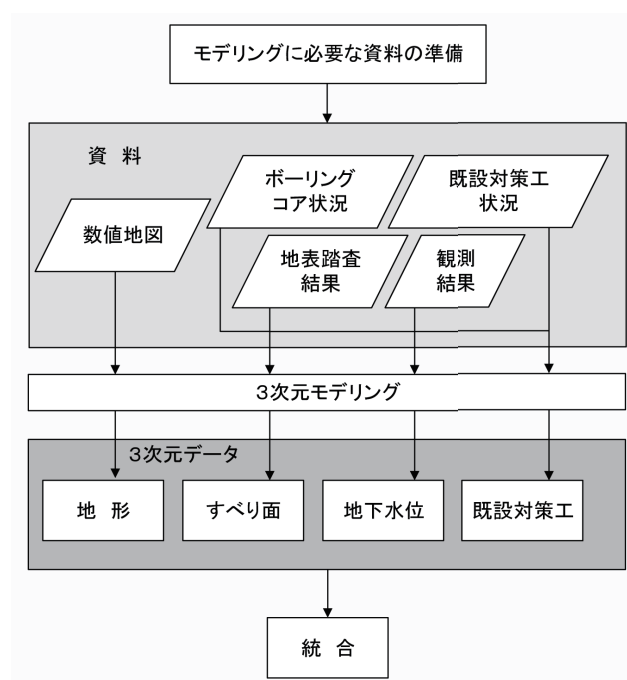


図-3 3次元モデリングフローチャート

### 4 3次元モデル構築結果

各要素の構築結果例を図-4, 図-5, 図-6に示す。

図-4は5mメッシュの3次元地形モデルである。中間尾根ブロックは巨大ブロックであり, 5mメッシュとやや粗いデータでも地すべりブロック形状は把握可能である。



図-4 地形モデル (5mメッシュ)

図-5は前述した手法により構築した各地すべりブロックのすべり面の関係である。3次元化することで, 各ブロックのすべり面の関係を明瞭に示せている。

図-6は集水井・排水トンネルの3次元モデルである。竣工図および現在の施設状況からモデルを構

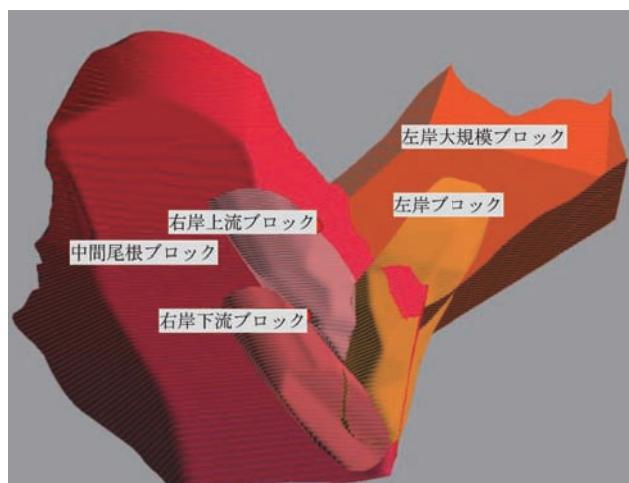


図-5 各地すべりブロックのすべり面

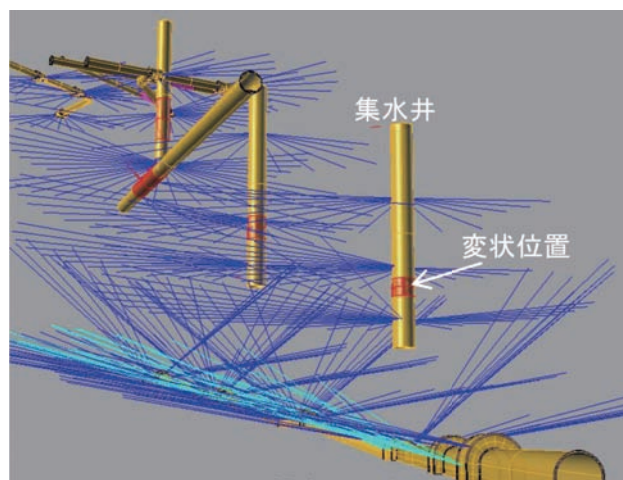


図-6 対策工3次元モデル

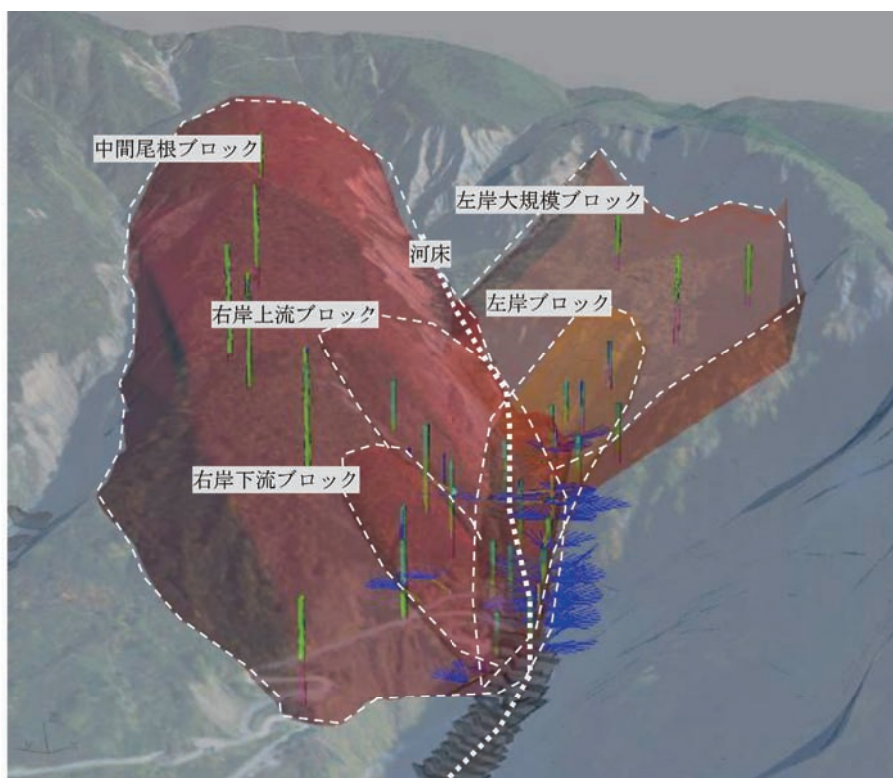


図-7 3次元モデルを使用した地すべり全体図

築した。また、3次元モデルには変状位置も示し、変状位置と地すべりブロックの関係性について考察できるようにした。

これらの要素を地すべり3次元モデルとして統合し、地すべりブロックと対策工変状位置の関係性を明らかにした(図-7, 図-8)。

3次元モデルの構築により、中間尾根ブロックの側部が、図-2に示す河床の左岸側まで到達し、左岸ブロックを包含することが明らかになった。また、地すべりの底部が、河床部よりも深部に位置することが示せた。

中間尾根ブロックの3次元形状が明らかになったことで、対策工の変状が、どの地すべりブロックに

よる変状であるかを視覚的に示すことができた。

前述した2号集水井では、掘削時に高角度の黒色粘土からなる破砕帯が確認されていた(図-9の矢印位置)。2号集水井の変状は、この破砕帯付近で発生していた。しかし、この破砕帯の走向傾斜は、左岸ブロックの底部や側部の走向傾斜とは異なっていた。そのため、この破砕帯の形成が、地すべりによるものかどうかの確証が得られていなかった。

今回のモデリングにより、中間尾根ブロックの3次元モデルでの側部の走向傾斜と破砕帯の走向傾斜が概ね一致することから、左岸ブロックではなく、中間尾根ブロックの活動による破砕帯であるとわかった。したがって、2号集水井の変状は中間尾根

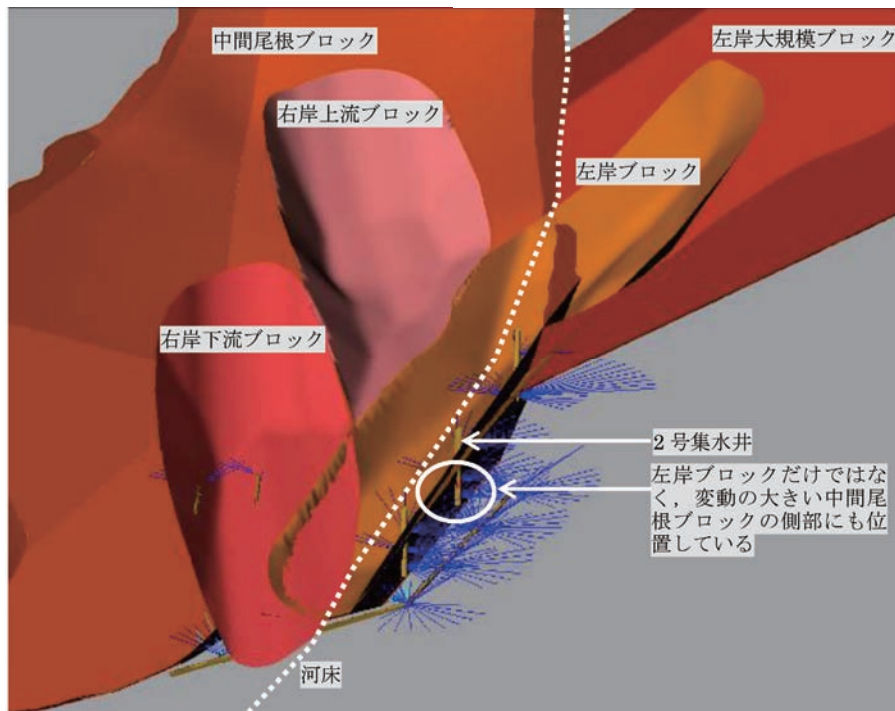


図-8 すべり面と地すべり対策工の関係 (すべり面の3D鳥瞰図)

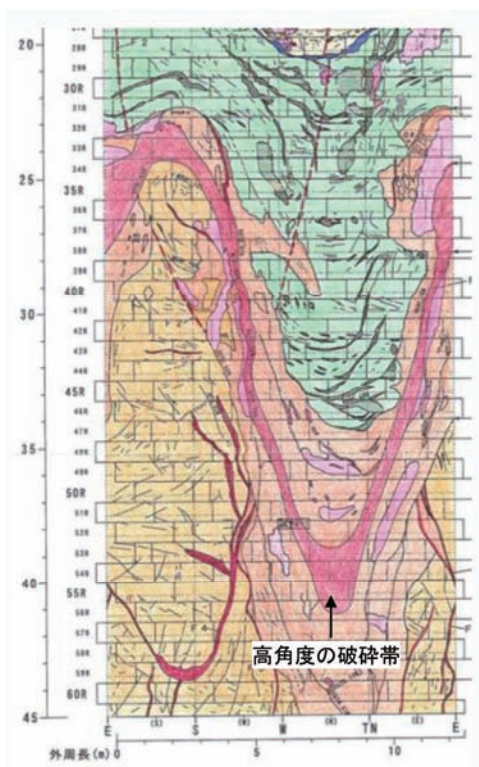


図-9 2号集水井壁面スケッチ

ブロックの活動によって生じていたことが明らかとなった。

3次元モデルを構築したことで、これまで原因が明らかでなかった対策工変状と地すべりブロックの関係性などの現象について、解釈することができた。

今後の甚之助谷地すべり事業の対策工検討では、

本報告で作成したような3次元モデルを使用することで、より現実に即した有効な解析・検討ができると考える。

#### 5 まとめと今後の課題

大規模山岳地すべりである甚之助谷地すべりの3次元モデルを構築することで、これまで明らかにできなかった地すべり対策工の変状位置と地すべりブロックの関連性を示せた。

今回作成したモデルにより、ボリューム計算や任意位置での断面図作成が可能になり、今後、3次元安定解析や3次元的視点から対策工を検討する上での基礎資料になり得ると考える。

今後は3次元モデルをさらに有効なものとするため、以下の課題の解決を図っていきたい。

- 1) 新たなボーリングデータ、地表踏査データなどを加えて、対策工の詳細設計にも使用できる程度にまでモデル精度の向上を図る。
- 2) 地すべり機構解明のために、孔内傾斜計データ、地表移動量データなどの観測データを3次元表示し、地中変位と地表変位の関係を明らかにする。

# 地下構造物建設における 地盤・地質情報の三次元化適用事例

かとう のぶよし \*1  
加藤 信義つさか きみかず \*2  
津坂 仁和なごう まきと \*3  
名合 牧人やまがみ まさひと \*3  
山上 順民まつばら まこと \*4  
松原 誠しげひろ みちこ \*4  
重廣 道子あいざわ たかお \*5  
相澤 隆生かめむら かつみ \*6  
亀村 勝美

Key Word

大規模地下空洞, 大深度立坑, 情報化施工, 地質構造三次元可視化  
岩盤挙動, 崩落, 穿孔検層, グラウト

## 1 はじめに

地下構造物の建設では、地盤・地質条件が支保構造設計における荷重条件、構造条件となるため、施工前に地盤・地質情報を精度よく理解しておくことが、安全性を確保する上でも、最適な設計を行う上でも重要となる。

さらに、大規模地下空洞の施工では、特にキープロックの推定やその対策工の検討などにおいて、これらの情報を三次元で正確に把握しておかなければならない。また、大深度立坑の施工においては、支保に変状が生じた場合、スカフォードと呼ばれる作業用のゴンドラを当該箇所まで引揚げる必要があるため、事後対策の施工が困難であることや、変状箇所が切羽作業を行っている立坑坑底の上部となるため、落下物によるリスクが大きいことなどから、施工前に設計精度を上げることが重要となる。すなわち、施工前に事前の調査結果やプレグラウトなどの掘削箇所周辺の先行施工データなどと関連付けて地質条件を正確に把握する必要がある。このため、ここでも地盤・地質情報と施工データの空間的な把握が望まれる。

一方、我が国の複雑な地盤・地質構造では、事前に遠方から行う数本のボーリング調査や探査技術を用いて把握した地盤・地質情報は、その概略を捉えるものとなり、局所的に支保の剛柔を変更する詳細設計とは必ずしも結びつかない。このため、掘削と併せて実施する調査結果や観察・施工データを活用して、地盤・地質情報の推定精度を向上させ、支保パターンの変更や補強工の必要性を明らかにする情報化施工が採用される。しかし、情報化施工では、迅速さが求められる一方で、地盤・地質構造の複雑さからその実施に困難を伴う。具体的には、計測・

施工データの分析、地質評価、最適な支保構造設計への変更、工事関係者による合意形成、意思決定、材料の調達、施工方法の変更、工程調整などを行って、施工を行う。このうち、計測・施工データの分析、地質評価から、支保構造設計の意思決定を行うまでが、最も技術的な判断が必要とされ、時間を要している。

これらの観点から、地盤・地質情報を、三次元で、正確に、迅速に、分かり易く可視化し、関係者間で共有し理解を促進することは、極めて有用であり、意義がある。また、限られた事前調査によって想定された地盤・地質情報を、施工に必要な精度の情報へと向上させるためにもとても有益である。

本稿では、設計の最適化、施工の効率化・高度化、そして安全の確保に不可欠な情報の有効活用と情報の共有を支援するツールとして、三次元地質構造・施工情報可視化システム (Geo-Graphia) を大規模地下空洞および大深度立坑の施工に適用した事例を紹介する。

## 2 大規模地下空洞施工への適用事例

北海道虻田郡京極町における京極発電所 (北海道電力株) 地下空洞工事では、岩盤物性が低下した断層や凝灰岩ブロックが分布するなど厳しい地質条件下にも関わらず、切羽の停止や後戻りなく安全に掘削を完了し、工程を短縮することができた。この一助となった地質・施工情報三次元化の活用例を紹介する。

京極発電所は、有効落差 369 m、最大使用水量 190.5 m<sup>3</sup>/s を得て、最大出力 60 万 kW の発電を行う北海道電力株で初めての純揚水式発電所である。

\*1 北海道電力 (株) \*2 (独) 日本原子力研究開発機構 \*3 大成建設 (株) \*4 (株) 地層科学研究所

\*5 サンコーコンサルタント (株) \*6 (公財) 深田地質研究所

2002年2月から工事を開始し、2009年1月に地下空洞の施工に着手した。掘削時の切羽の地質観察および岩盤の挙動計測結果に基づき、その結果を設計・施工に反映させる情報化施工を実施し<sup>1)</sup>、2010年12月に地下発電所本体の掘削を完了した。

地下空洞は、**図-01**に示すとおり、高さ45.8m、幅24.0m、長さ141.0mの弾頭形を有し、総掘削量11.7万m<sup>3</sup>、最大断面積約940m<sup>2</sup>におよぶ大規模地下空洞であり、空洞内には水車発電機3台(20万kW×3台)、変圧器3台を設置する計画である<sup>2)</sup>。2014年10月に1号機20万kWの営業運転開始を目指している。

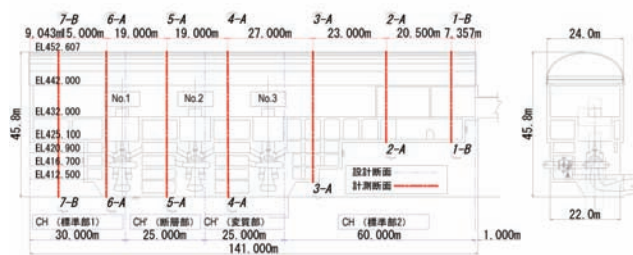


図-01 地下空洞レイアウトと計測断面<sup>1)</sup>

地下空洞周辺の地質縦断図を**図-02**に示す。地下空洞周辺の地質は、新第三紀中新世の美比内川層に属する凝灰角礫岩(Tb②)が主体であり、数十m規模の凝灰岩(Tf)のブロックなどが数箇所分布する<sup>2)</sup>。また、調査ボーリングの結果より、発電所長軸方向に高角度でほぼ直交するF6断層が確認されている。岩級区分は、概ねCH級(一軸圧縮強さ100MPa程度)と堅硬であるが、断層沿いには物性値の低下帯(一軸圧縮強さ30~40MPa程度)がありCH'級とした。

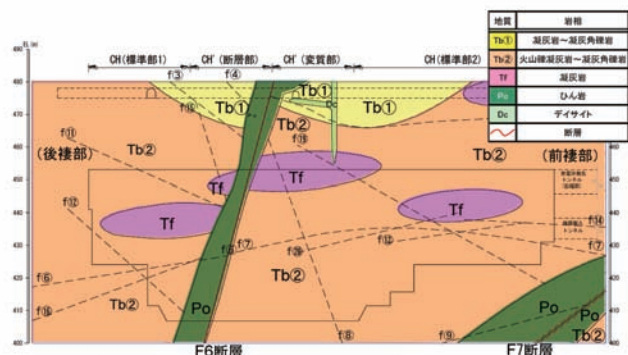


図-02 地下空洞周辺地質縦断図<sup>1)</sup>

計測機器の配置計画は、**図-01**に示すとおり、空洞全体の岩盤挙動を把握するため、空洞長軸方向に約20mピッチで計測断面(7断面)を配置した。計測管理項目は、岩盤変位、アンカー荷重、ロッ

クボルト軸力および内空変位とし、岩盤変位については、掘削前に周辺トンネルから事前に岩盤変位計を設置し、先行変位が確認できる方式を採用した。計測機器の配置例を**図-03**に示す。

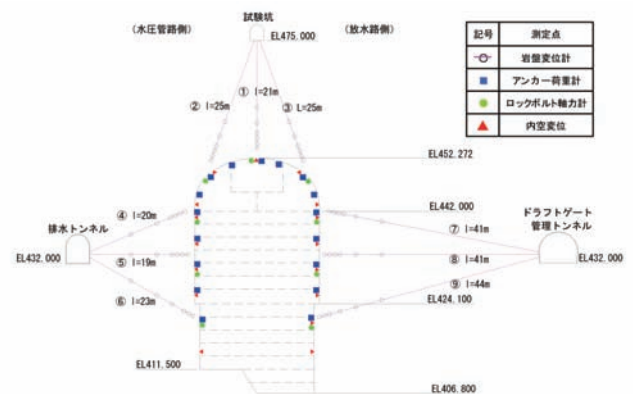


図-03 計測機器配置図(5-A断面)<sup>1)</sup>

地下空洞の情報化施工では、計測データから岩盤挙動を分析・評価し、迅速に合理的な対策工の立案を行うことが重要である。そこで、本工事では、自動収集した計測データを発注者、および請負者事務所まで伝送することで、工事関係者がリアルタイムで岩盤挙動を把握し、常時情報を共有することができる自動計測管理システム(Geo-Notes)を導入した。さらに、地質構造や支保構造を含む掘削進捗状況などを、三次元CGで可視化し、日々更新することが可能な「三次元地質構造・施工状況可視化システム(Geo-Graphia)」(以下、三次元モデルという。)を採用した。同システムを用いることで、掘削進捗に合わせた計測結果の分析・評価など、岩盤挙動の理解を促し、工事関係者全員で地質構造について明確な共通認識を確立すること、および合理的な対策方法の立案を効率的に行うことを支援した<sup>3)</sup>。

地下空洞掘削時には、壁面観察を実施し、この掘削時に得られる地質情報を、事前調査で得られた情報と併せて検討することで、地質分布の推定精度を上げていく。そこで、三次元モデルを用いて、事前調査ボーリングのコア観察に基づくボーリングデータ、および掘削時に現場で記録された地質展開図を空洞の掘削形状に合わせて三次元モデルに表示できるようにした(**図-04**、**図-05**)。これにより、平面的な展開図だけでは困難な、地質状況の空間的理解を支援した。

また、地質分布に加え、割れ目や断層を三次元でモデル化することで、割れ目の走向・傾斜、割れ目と割れ目の相関などを容易に理解できるようにした<sup>1)</sup>。このように地質構造をモデル化することで、今後の掘削において出現すると予測される割

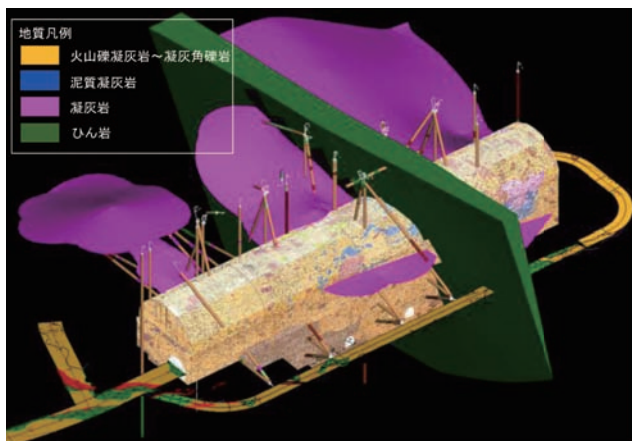


図-04 岩種分布の三次元モデル例<sup>5)</sup>

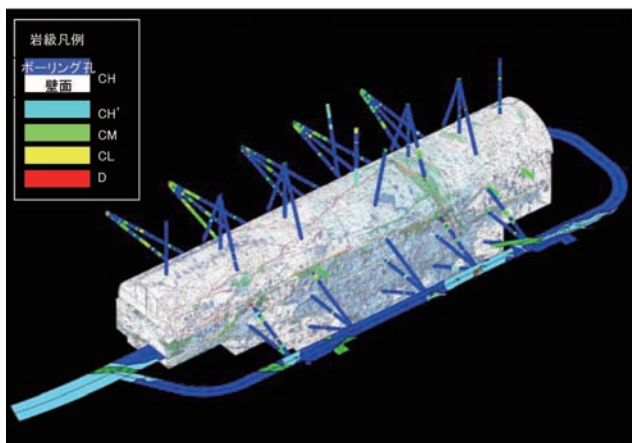


図-05 岩級分布の三次元モデル例<sup>5)</sup>

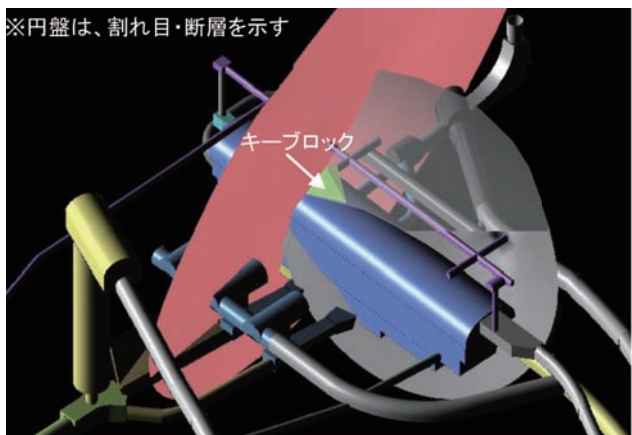


図-06 キーブロック形成の推定例<sup>5)</sup>

れ目、断層の出現位置の推定に役立てることができ、キーブロック形成の推定などにも活用できる(図-06)。

さらに、本三次元モデルの特徴である、地質情報と併せて施工情報をモデル化することが可能であることにより、計測結果の分析を支援した<sup>3)</sup>。当工事では、施工情報として日々の掘削進捗、支保工(アンカー、吹付コンクリートなど)の施工進捗のモデル化を行った。

図-07に、空洞アーチ部に設置した岩盤変位計の計測結果(分布図)を予測解析結果と併せて示す。

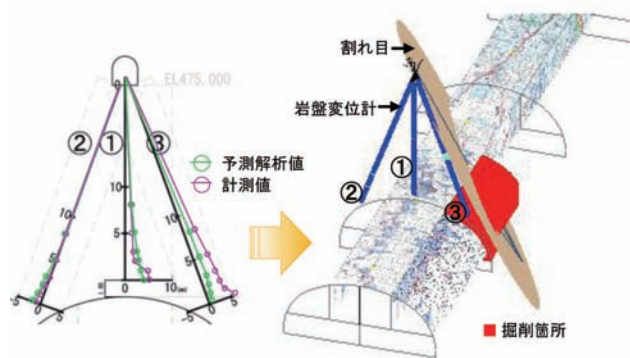


図-07 計測データとその評価事例<sup>5)</sup>

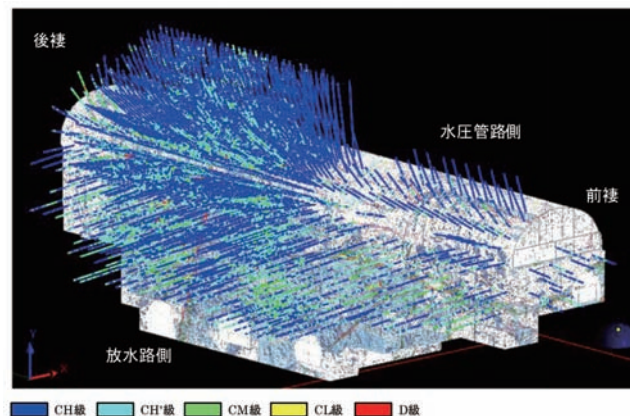


図-08 穿孔検層結果表示例<sup>4)</sup>

図より、岩盤変位計③の計測結果は、予測解析結果を上回っていることが分かる。この原因を明らかにするために、本三次元モデルを利用して、空洞位置と計測機器の配置、掘削箇所、割れ目を併せて表示したところ、変位が増大した要因は、岩盤変位計③と平行に存在する割れ目の影響であることが容易に理解された。

PSアンカー施工時には、全てのアンカー孔に対して穿孔検層(DRISS)を実施し、取得した穿孔検層結果を、割れ目位置の推定精度の向上などに活用した<sup>4)</sup>(図-08)。

その一例として、1-B断面(断面位置については図-01参照)における割れ目位置の推定結果を以下に示す。1-B断面における穿孔検層結果を図-09に示す。

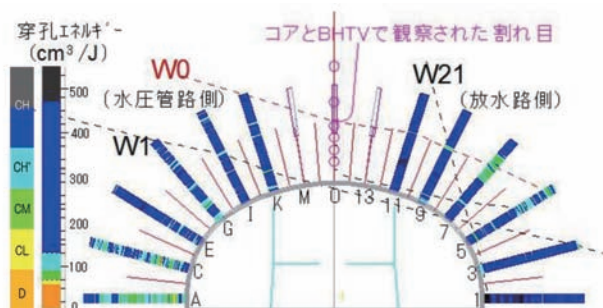


図-09 穿孔検層結果(1-B断面、アーチ部)<sup>1)</sup>

1-B断面天端（図-09に示すOの位置）においてBHTVを実施しており、BHTV結果より割れ目（W0）の走向傾斜を把握することが可能であるが、図-09に示すとおり、穿孔検層結果の岩級低下部をトレースして割れ目の位置を評価することで、その把握精度を上げた。ここで、DRISSの穿孔エネルギーと岩級評価の閾値の関係に対する考察については別報に譲る<sup>4)</sup>。また、図-10に示すように、空洞縦断の穿孔検層結果からも同様に割れ目（W0）位置を推定することで、割れ目（W0）を三次元的位置情報として把握することができた。他の割れ目に関して同様の手法で位置情報の推定精度の向上を図り、三次元地質情報に追加し、岩盤挙動の理解、対策工の検討に活用した。

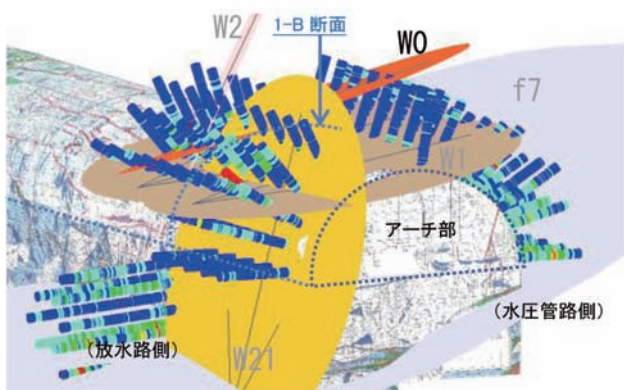


図-10 穿孔検層結果（空洞縦断方向）<sup>1)</sup>

### 3 大深度立坑施工への適用事例

原子力発電所からの使用済燃料を再処理した際に生じる高レベル放射性廃液は、ガラス原料と混合して加熱・溶融し、物理的・化学的に安定したガラス固化体とされる。そのガラス固化体は冷却のために30年から50年程度地上で貯蔵した後、深度300mよりも深い地層中に処分する計画である。これを「地層処分」といい、地層が持っている物質を閉じ込める能力（天然バリア）を利用し、人工的なバリア（人工バリア）と組み合わせた多重の防護機能（多重バリア）によって、高レベル放射性廃棄物を長期にわたり、安全に人間の生活環境から隔離しようとするものである<sup>6)</sup>。幌延深地層研究計画では、高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る深地層の調査技術や工学技術の信頼性向上を目的として、深度350m以深の3本の立坑と、4深度における調査坑道からなる地下研究施設（以下、幌延URLという。）の建設を計画<sup>7)</sup>している。図-11に地下施設全体レイアウトを示す。また、図-12に立坑、水平坑道の施工諸元を示す。

立坑の施工手順としては、図-13に示すとおり、

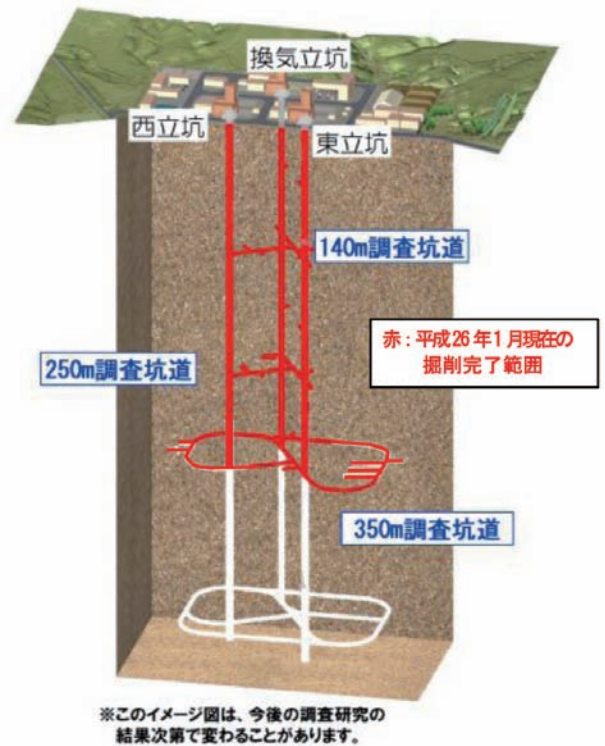


図-11 地下施設全体レイアウト<sup>7)</sup>

	東・西立坑	換気立坑	水平坑道
標準断面			
施工法	全断面掘り下がり工法 (発破工法)	全断面掘り下がり工法 (機械掘削)	全断面工法 (機械掘削)
主要な 支保部材	覆工コンクリート (厚さ400mm) ロックボルト (長さ3または4m、1断面20本) 鋼製支保工 (建込間隔1m)	覆工コンクリート (厚さ400mm) ロックボルト (長さ2または3m、1断面14本) 鋼製支保工 (建込間隔1m)	吹付けコンクリート (厚さ200または250mm) ロックボルト (長さ2m、1断面8本) 鋼製支保工 (建込間隔1m)

図-12 地下施設施工諸元<sup>8)</sup>

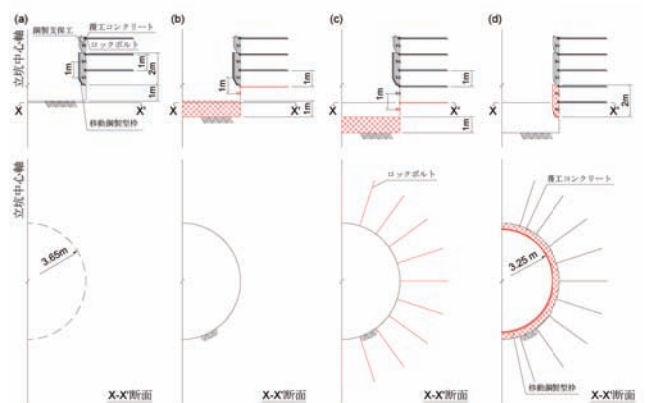


図-13 立坑の施工手順<sup>9)</sup>

- (a) 初期状態, (b) 第1掘削段階,
- (c) 第2掘削段階, (d) 覆工コンクリートの構築

2m掘削後、2mの覆工コンクリートを施工する、ショートステップ工法を採用している。

立坑掘削時の壁面崩落は、覆工コンクリートの

健全性に影響を与えることが報告されている<sup>8)</sup>。また、同報告には、壁面崩落の要因の一つとして、断層の存在が挙げられており、特に断層の出現前後で崩落が認められている。したがって、断層が出現してからの支保変更では覆工コンクリートの健全性を損なう可能性が高い。

また、立坑で覆工コンクリート施工後に変状が認められた場合、スcaffoldingと呼ばれる作業用のゴンドラを坑底から当該箇所まで引揚げ、切羽掘削作業を中断して補修を行わなければならない。スcaffoldingの作業スペースにも限りがあり、重量制限もあるため、大規模な補修方法も採用できない。一方で、変状をそのまま放置して掘削を継続することは、変状箇所が切羽作業を行っている立坑坑底の上部となり、覆工コンクリートの剥落などの飛来落下による重大な事故・災害を招くリスクを伴う。

これらの観点から、立坑施工前に、断層の位置を正確に把握しておくことが重要な課題となる。そこで、幌延 URL では、地質・施工情報を三次元で可視化し、支保構造に影響を与える断層位置の把握精度の向上を試みたので、以下に紹介する。

一般的に掘削前に地盤調査を行う場合には、先行ボーリングを行い、コア観察やBHTVなどにより地質状況や断層の走向傾斜などを把握する。幌

延 URL においても同様に事前調査を実施した。図-14に、深度250m付近の換気立坑、東立坑、およびそれらと連結する水平坑道のモデルと併せて、それぞれの立坑近傍で行ったボーリング調査（換気立坑では図-14に示すPB-V01の位置、東立坑では立坑センター）結果から明らかとなった断層の位置・走向傾斜を示す。

断層としては、断層ガウジと断層角礫を含む、F-2～F-4とF-6～F-8の6本の断層を抽出した。

ここで、幌延 URL では、坑内湧水量の低減を目的として、これらの断層を対象に超微粒子セメントを用いたプレグラウト工を実施した<sup>9)</sup>。プレグラウト工の施工中には、断層近傍において、溶存ガスや地下水、砂の噴出、ロッドの締付けなどが生じた。また、同区間において注入量が増加する傾向を示した。そこで、グラウトの注入位置と単位注入量を三次元モデルに反映し、想定した断層と比較した。この結果、上述の6本の断層以外にも、断層の存在が示唆される箇所が明らかとなった。再度この情報と併せて、先行ボーリング調査結果、特にRQDや流体電気伝導度検層の結果を見直したところ、F-1、F-5の2本の割れ目の存在が予想され、注視すべき断層として追加した。また、直近の水平坑道より実施した反射法地震探査（弾性波探査）の結果をモデルに入力（図-14）し、注入量の結果と併せて断層位置を評価し、F-4の走向傾斜を修正した。

先行ボーリング、坑内観察、グラウト施工情報および弾性波探査結果等を取り纏めて三次元モデル化することにより、支保構造に影響を与える主要な断層を整理し、崩落危険区間として、換気立坑においては4区間（FZ-V1～V4）、東立坑においては3区間（FZ-E1～E3）を特定して、支保変更を行い、施工した<sup>7)</sup>。この結果、推定した断層は、概ね予測した深度と方向に出現した。

以上のとおり、三次元モデルを用いることは、各種調査データや施工データを総合的に比較して、断層の位置を整合させる判断に、有用である。

#### 4 今後の課題と展望

ここまで、地下構造物建設時における地盤・地質情報の三次元化の有用性について事例を紹介して述べた。地質状況に応じて支保構造を変更する情報化施工においては、図-15に示すとおり、施工、計測、地質、設計・解析データをお互いに適切に連携させることが重要となる。

そこで幌延 URL では、新たな試みとして、三次

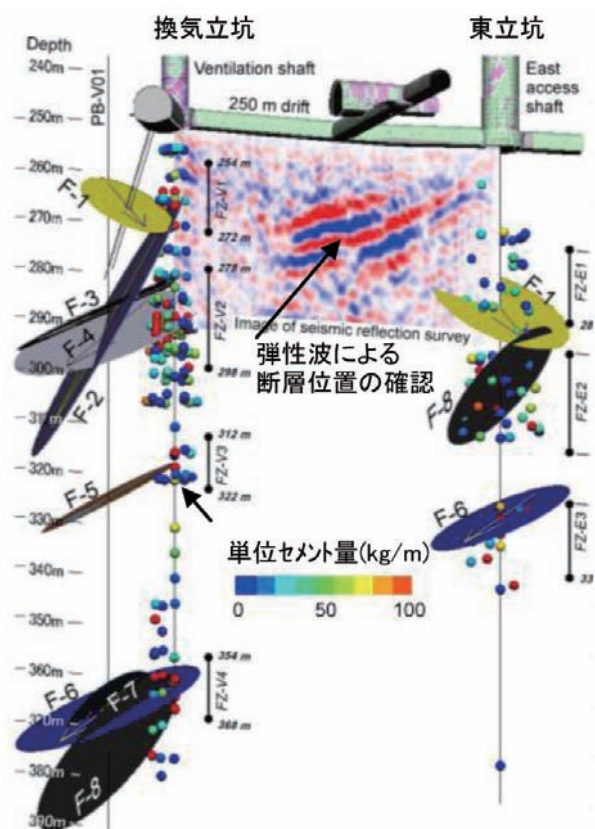


図-14 深度250m以深における断層分布の推定



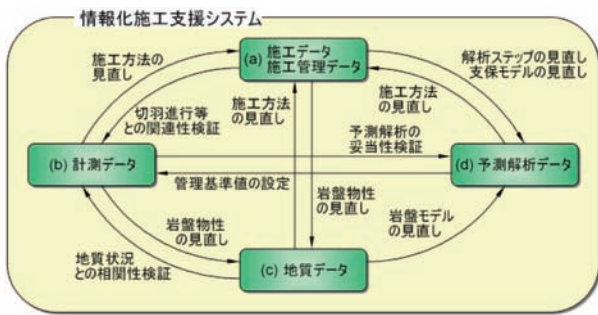


図-15 地下施設建設の情報化施工概念図

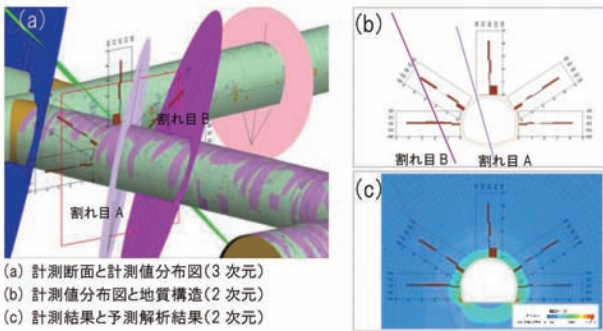


図-16 地質データ、計測データ、予測解析データの比較表示例 (イメージ図)

元モデルの中で、これらのデータの一元管理を行っている。図-16 (a) に示すように、三次元モデルに計測断面、計測機器の配置、計測結果を表示し、計測結果と地質構造との関係を確認できるようにしている。

また、各計測断面の経時変化図、分布図を二次元で表示する機能も備え、計測結果の確認と併せ、地質構造や予測解析を表示して相関を検討することも可能としている。例えば、図-16 (b) では岩盤変位計の区間ひずみと割れ目の相関を比較して区間ひずみの要因分析を行うことが可能であり、図-16 (c) では岩盤変位計の区間ひずみと予測解析結果の岩盤の最大せん断ひずみを比較することにより設計の妥当性を確認できる。

このように、一元管理された、施工・構造データ、地質データ、数値解析データ、計測・探査データなどを、CIM (Construction Information Modeling) と連携して、規格化されたフォーマットで出力すれば、ソフトの種類によらず可視化が可能となり、建設事業の全てのセクションで情報を共有することができる。ただし、施工中に得られる情報を施工に反映するためには、迅速かつ適切に情報を更新する機能が不可欠である。三次元化に必要な大量のデータの入力・処理に伴う労力と時間の軽減、さらに一元管理によりボリュームが増大したデータ管理の自動化は、今後解消すべき課題である。

上述の情報は、施工に続く維持管理の段階でも活用できる。例えば、供用開始後に地下水位や地盤の変形などのモニタリングが行われる場合には、地形・地質構造や構造物の三次元モデルと併せてデータを表示することで、モニタリング結果の解釈を支援することができる。また、地質構造をもとに有限要素モデルを作成し、モニタリング結果を入力とした逆解析により、地下の物性やその分布を推定することも可能である。地震や豪雨などにより構造物で何らかの変状が発生した場合には、原因の究明や対策工の検討において、統合可視化された地盤・地質情報が大きな役割を果たす。

本稿では、地盤・地質情報の三次元化の有用性、今後の展望について述べた。三次元モデルを用いて、位置情報に基づき、建設に関連するデータを統合的に可視化することにより、多くの情報を技術者にわかりやすく伝えることができる。このことから、三次元モデルは、ICT (Information and Communication Technology) を活用した建設技術の発展に大きく貢献するものと考えられる。

〈参考文献〉

- 1) 西村哲治, 武田宣孝, 名合牧人: 京極地下発電所工事に於ける情報化施工とICTの活用, 土木技術, Vol.6, No.4, pp.17-22, 2011年
- 2) 鈴木一巳, 宮永孝志, 小山俊, 八嶋和幸: 京極地下発電所の調査・設計, 電力土木, No.305, pp.11-15, 2013年
- 3) 重廣道子, 岩永昇二, 武田宣孝, 山上順民, 名合牧人, 竹田直樹: 3次元地質構造可視化ソフトを利用した情報化施工支援システムの導入, 土木学会第65回年次学術講演会, VI-357, pp.713-714, 2010年
- 4) 武田宣孝, 西村哲治, 山上順民: 地下空洞掘削における情報化施工への穿孔検層結果の適用性, 電力土木, No.359, pp.9-16, 2012年
- 5) 大規模地下空洞の建設・維持管理事例集 (平成25年度集約版), 平成26年1月, 土木学会岩盤力学委員会
- 6) 核燃料サイクル開発機構: わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 - 地層処分研究開発第2次取りまとめ - 総論レポート, II-1~12, 1999年
- 7) 日本原子力研究開発機構 幌延深地層研究センター: 幌延深地層研究計画 地下施設での調査研究段階 (第3段階) 計画-その1: 深度350mまでの調査研究計画-, 2010
- 8) Tsusaka, K., Inagaki, D., Nago, M., Koike, M., Matsubara, M., & Sugawara, K.: Influence of Rock Spalling on Concrete Lining in Shaft Sinking at the Horonobe Underground Research Laboratory, In Proceedings of the 6th Japan-Korea Joint Symposium on Rock Engineering, pp.911-916, 2013
- 9) Tsusaka, K., Inagaki, D., Tokiwa, T., Yokota, H., Nago, M., Matsubara, M., and Shigehiro, M.: An Observational Construction Management in the Horonobe Underground Research Laboratory Project, Proceedings of World Tunnel Congress, 2012 (CD-ROM)

# こうち実証事業における三次元地盤モデル — 情報流通連携基盤の地盤情報における実証事業 —

なかだ ふみお \*1 中田 文雄 \*1    つちや あきよし \*2 土屋 彰義 \*2    ねもと たつや \*3 根本 達也 \*3  
わかばやし まゆみ \*4 若林 真由美 \*4    すずき かずしげ \*5 鈴木 一成 \*5

**K**  
ey Word

地盤情報, ボーリング, 三次元, 地盤モデル, 地震動予測,  
情報流通連携基盤, 総務省

## ▼1 はじめに

総務省情報通信審議会の中問答申（平成 23 年 7 月 25 日）<sup>1)</sup>には、「情報の利活用」の積極的推進として、「地盤災害の防止を目標として、国、自治体、民間で紙又はデジタルで蓄積されている地盤ボーリング柱状図を広く公開し、民間で流通・利用するための技術・ルールの確立が必要」という趣旨の提言が掲載されている。

筆者らが係わった実証事業は、上記の提言を実現させるための先駆的な試みであって、以下の三つの項目で構成されている（図-01 参照）。

一つ目は、ボーリングデータなどの地盤情報をオープンデータ<sup>2)</sup>として扱い、ICT（情報通信技術）を駆使して、地盤情報を他分野でも二次利用しやすいように流通させる仕組み（地盤情報共通 API）<sup>3)</sup>を構築すること。

二つ目は、地盤情報共通 API が実現し普及すると、どのような二次利用が可能であるかを「高知県を実証フィールド」として試験的に実施（実証）すること。

三つ目は、全国的な普及活動を行うと共に、インターネットで公開されているボーリングデータがどのくらい存在するかを調査して、地盤情報共通 API に組み込むこと。

本文は、これらの中から地盤情報の二次利用、特に地盤の三次元モデルの構築に関わる部分を抜粋して記述する。

## ▼2 普及活動とボーリングデータ

調査した所在情報をデータベース化すると共に、公開用のウェブサイト<sup>4)</sup>を構築し公開した。実証期間後は、全地連と GUPI で構成する実証事務局

が自主的に管理しており、運営費用の一部はバナー広告でまかなっている。なお、本ウェブサイトは多くの地方自治体の希望により、実証事業関係者にのみに限定された公開方式を採用している。

本文執筆段階では、約 24 万本のボーリング所在情報が DB 化され、そのうち約 19 万本のボーリング柱状図やデータが直接閲覧可能である。

## ▼3 地盤情報の二次利用

二次利用として、以下の 3 項目を実施した。

- 地震動予測を行う場合に構築されることが多い鉛直一次元地盤柱状体モデルデータ（以後、一次元地盤モデル）の構築
- 地質断面図および三次元地盤モデルの作成と工学的基盤以浅の地盤構造の推定
- 新しい付加価値の創造に関わる項目として、ボーリング位置、地震動予測結果、既存の地質図、土地条件図やハザードマップなどの、同じ電子地図上へのマッシュアップ（重ね合わせ）と一般公開

## ▼4 高知選定フィールド実証

- ① 図-01 に示す国土交通省と地方自治体を選定フィールドに設定し、それぞれから全面的な協力を得た。
- ② 選定フィールド内の全行政庁が保有している地盤情報（ボーリングデータおよび土質試験結果一覧表データ）を収集・整理した。
- ③ 地盤情報・共通 API に基づく地盤情報流通連携基盤システムを構築し、②で収集した地盤

\*1 (NPO) 地質情報整備活用機構・川崎地質 (株) \*2 (一社) 全国地質調査業協会連合会

\*3 (公法) 大阪市立大学 \*4 基礎地盤コンサルタンツ (株) \*5 (株) ダイヤコンサルタント

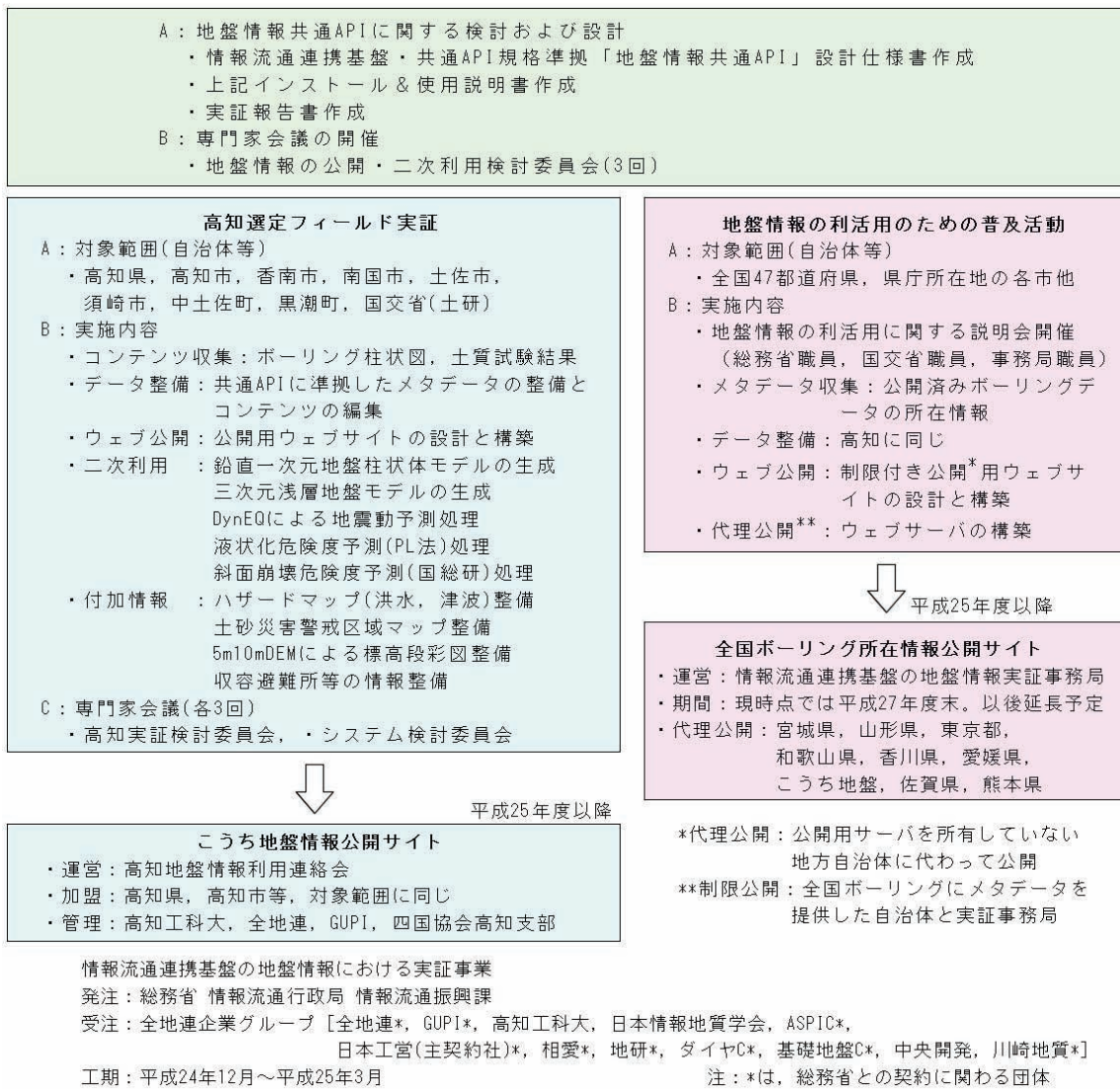


図-01 情報流通連携基盤の地盤情報における実証事業 (イメージ)

情報をデータベース化すると共に一般に公開<sup>3)</sup>した。

- ④ ③で整備した地盤情報を使用して, 選定フィールド内の地質断面図と浅層地盤の三次元モデルを構築して公開した。前者はPDFであるが, 後者はVRML (Virtual Reality Modeling Language) 形式のため, VRMLビューアをインストールして閲覧する。
- ⑤ ③で整備した地盤情報などを二次利用して地震動予測を行い, 計測震度, 液状化危険度や斜面の崩壊危険度判定などを行った。なお, 一部の行政当局から, 「一般に公開すると市民が高知県が公開している南海トラフ巨大地震の地震動予測結果と混同して混乱する恐れがある」との指摘があったため, 成果は実証事業関係者に限定された公開となっている。

## 5 高知実証フィールドにおける主なデータ処理

図-02は, 本実証での主なデータ処理であるが, 整備した地盤情報やデータ処理方法の詳細については, 公開中のウェブサイト<sup>3)</sup>で公開されているためそちらを参照されたい。

### 5.1 地震動予測方法の概要

本実証では, 対象地域を地形図の8分の1地域メッシュ (以後, 六次メッシュ, 辺の長さが約125m) ごとに分割し, 各メッシュの浅層地盤モデルを構築して, 工学的基盤の模擬地震動を入射波とする地震応答計算方法を採用した。

本実証は, 高知県が法律に基づいて実施する地震動予測ではなく, 地盤情報の二次利用例の実証であったため, 工学的基盤の模擬地震動を作成す

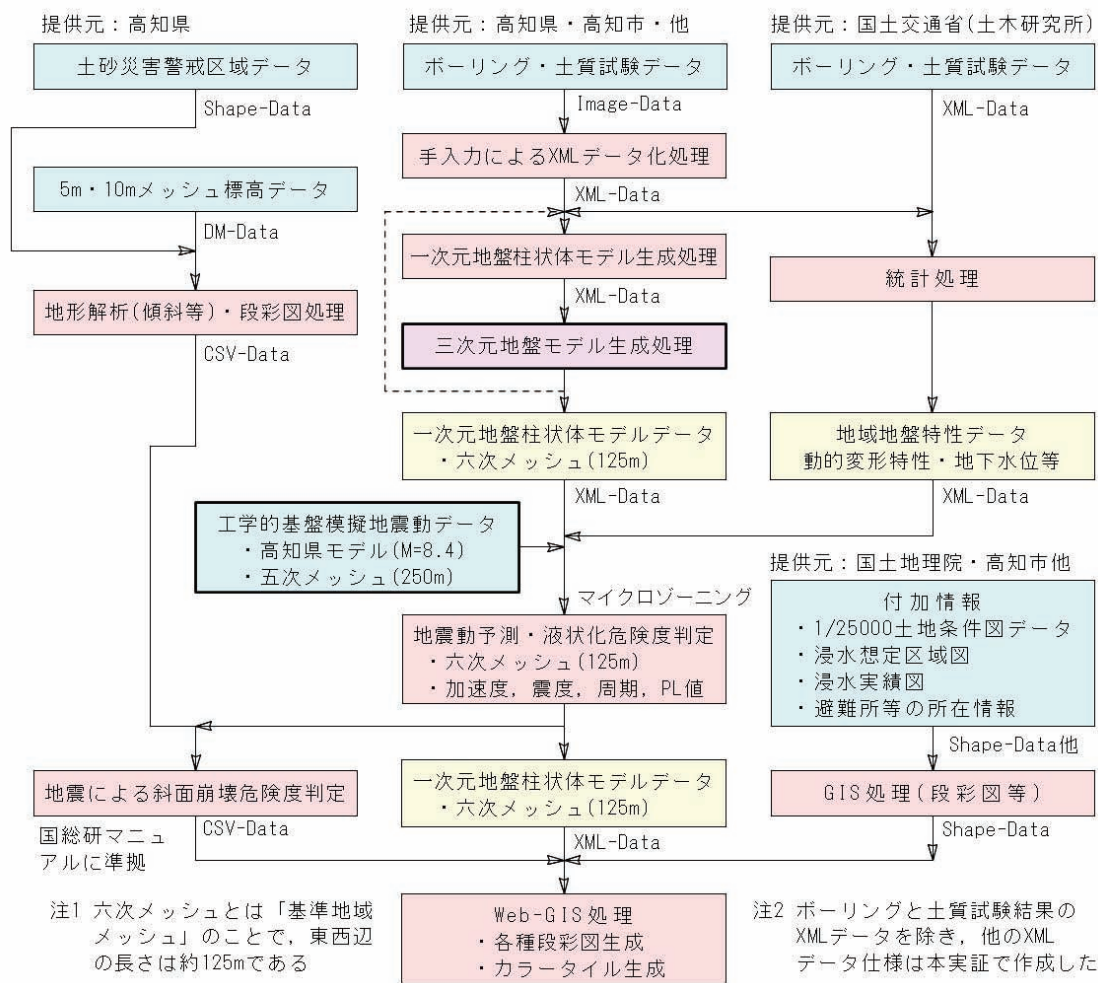


図-02 高知実証フィールドでの主なデータ処理 (イメージ)

る予算が無かった。よって、高知県危機管理部から「想定南海地震 高知県モデル<sup>5)</sup>」を借用して対処したが、この地震動は「想定南海トラフ(3連動)巨大地震」の地震基盤波(模擬地震動)ではない。

図-02に示したデータ処理の中から、主要な部分について記載する。

- ① 一次元地盤モデルは、六次メッシュごとにまとめた表層の地盤モデルデータとし、共通APIに準拠させたXMLデータである。
- ② 一次元地盤モデルは、当該する六次メッシュに存在する複数本のボーリングの中から、最も掘削深度が深くかつ信頼性の高いものを1本選定し、別途作成した地域地盤定数を参照して作成した。
- ③ 図-03は、ボーリングの存在する六次メッシュを色塗りした例(部分)であるが、ボーリングの存在しないメッシュ(白色)がかなり多いことがわかる。白色のメッシュでは、一次

元地盤モデルを求めることができないため、別途作成した地質断面図や後述する三次元地盤モデルを構築して対象区域全体の工学的基盤深度を推定し、地震動予測の正確性を期すことにした。

- ④ 国土地理院の土地条件図を参照して、六次メッシュの地盤が明らかに山地や丘陵地である場合には、別途作成した「浅層2層構造モデルデータ」を地盤モデルとした。
- ⑤ 一次元地盤モデルの工学的基盤面(Vs=300m/s)より上位地盤の地震応答計算は、吉田望による『DynEQ 等価線形化法に基づく一次元地震応答解析プログラム<sup>6)</sup>』を利用した。
- ⑥ 液状化危険度の判定法は、『道路橋示方書・同解説(V耐震設計編)2012年3月版』他に準拠するPL法を採用した。
- ⑦ 斜面崩壊危険度判定は、高知県土木部が指定した土砂災害警戒区域の急傾斜崩壊地ごとに、

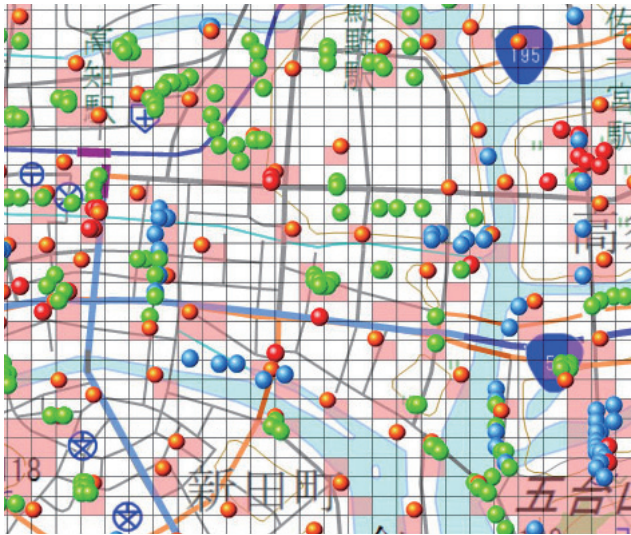


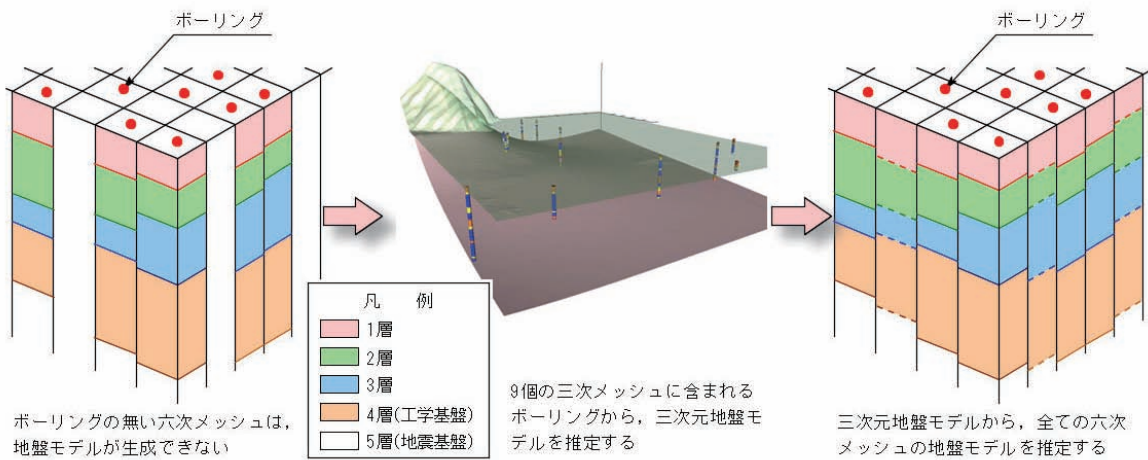
図-03 6次メッシュとボーリング

『地震時の急傾斜地崩壊危険箇所危険度評価マニュアル（案）<sup>7)</sup>』に準拠して実施した。

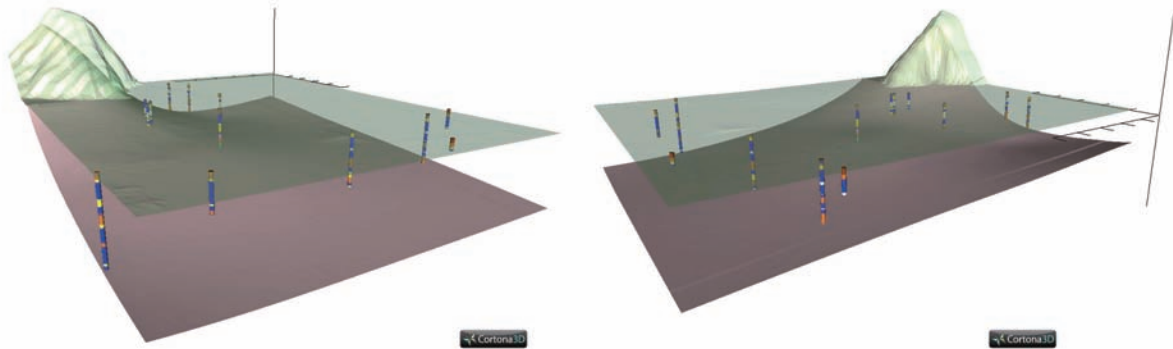
### 5.2 三次元地盤モデルの概要

以下に、三次元地盤モデルについて略記する。

- 元データ：鉛直一次元地盤柱状体モデル



目的は、ボーリングの存在しない6次メッシュの鉛直一次元地盤柱状体モデルを作成すること



9個の基準地域メッシュの範囲で作成した三次元地盤モデルを1個単位で表示している

図-04 三次元地盤モデルの利用目的と表示例

- 対象地層：地表～工学的基盤面まで
- 生成範囲：9個の基準地域メッシュ（三次メッシュ），六次メッシュで576個
- 推計法：BS-Horizon<sup>8)</sup>（3次B-スプライン関数と最適化原理法の併用）
- 表示範囲：1個の基準地域メッシュごと
- 出力形式：VRML形式
- 将来計画：任意地点，任意断面の地盤情報をデータとして出力，およびCIMで利用が予想される三次元CADへのデータ出力（連携）

当初の予定では、ボーリングデータの存在しない六次メッシュの基盤深度を求めるだけでなく、全ての一次元地盤モデルを推定して地震動予測を行う予定であったが、実証事業の施工期間の関係で断念せざるを得なかった。このため、代替案として、全ての一次元地盤モデルの地震動予測を実施し、その結果に二次元平滑化処理を施して対象フィールドのほぼ全体をカバーすることにした。図-05は、処理結果の例である。

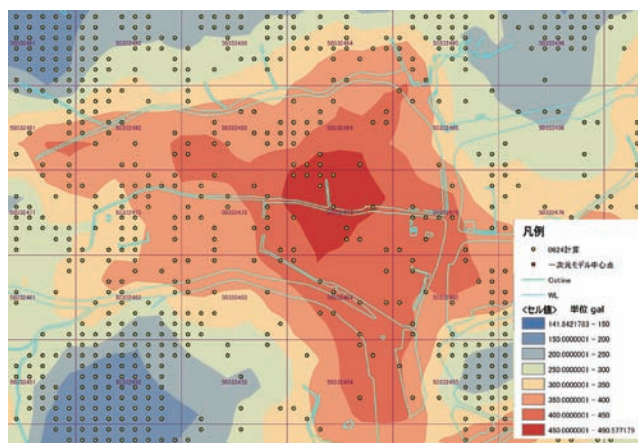


図-05 地震動予測結果例（最大加速度，部分）

## 6 おわりに

一昔前までは、ボーリング柱状図は発注者の所有物である、あるいはボーリング業者に著作権がある、というような意見が支配的であった。

しかし、国土交通省が直轄公共事業のボーリング柱状図をコンピュータが処理できる「データ」として公開すると共に、著作権を放棄したことから、ボーリングデータは我が国のオープンデータ政策の中心に位置づけられるようになるのではないかと考えている。

本実証は、オープンデータ政策の先駆的試みとして、地盤情報の流通と連携を促進するために必要な地盤情報共通 API を構築することと、それによる二次利用例を実証することにあつた。成果から見て、地盤情報がオープンデータとなり、かつ自由に二次利用できるようになれば、国民に便利かつ安心・安全に直結する有用な情報—例えば、地震動予測結果図や液状化危険度判定予測図など—toに変身することが実証できたと考えている。

ただ、三次元地盤モデルについては、工学的基盤の検討と決定などには使用したが、ボーリングの存在しない六次メッシュの一次元地盤モデルを推定するところまでは至っていない。実証事務局としては、今後一次元地盤モデルを推定すると共に地震動予測を行って、可能であれば成果を公開したいと考えている。

本実証では、根本が三次元地盤モデルを、若林が一次元地盤モデルを、鈴木が地震動予測を、土屋と中田が渉外とプランニング・調整を担当した。

最後にあたり、共通 API の構築、地盤情報の収集整理や各種のプログラムの作成などについては、図-01 に記載した全地連企業グループの関係者が実施した。ここに記して、各位に深く感謝するものである。

## 〈参考文献〉

以下の URL は、2014 年 2 月 24 日に存在を確認。

- 1) 総務省：オープンデータ戦略，総務省広報誌，平成 24 年 11 月号，[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/kouhoushi/koho/1211.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/kouhoushi/koho/1211.html)
- 2) 総務省：総務省におけるオープンデータに係る実証実験，[http://www.opendata.gr.jp/committee/docs/20130122\\_4\\_rikatu.pdf](http://www.opendata.gr.jp/committee/docs/20130122_4_rikatu.pdf)
- 3) 高知地盤情報利用連絡会：高知地盤情報ポータルサイト，2013，<http://www.geonews.jp/kochi/index.html>
- 4) 情報流通連携基盤の地盤情報における実証事務局：全国ボーリング所在情報公開サイト，<http://www.geonews.jp/zenkoku/index.html>
- 5) 高知県：第 2 次高知県地震対策基礎調査報告書，180p.，2004
- 6) 吉田 望：DynEQ 等価線形化法に基づく一次元地震応答解析，東北学院大学，<http://www.civil.tohoku-gakuin.ac.jp/yoshida/computercodes/eqcode.html>
- 7) 小山内信智・秋山一弥・松下智洋：地震時の急傾斜地崩壊危険箇所危険度評価マニュアル（案），国土交通省国土技術政策総合研究所資料，No.511，pp.1-15.，2009，<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0511pdf/ks0511.pdf>
- 8) 野々垣 進：3 次 B- スプラインを用いた地層境界面の推定，Geoinformatics，vol.19，no.2，pp.61-77，2008

# 地質境界面を基礎とする 国内外の地質モデリングシステム

ののがきすすむ\*  
野々垣 進\*

Key Word

地質モデル, モデリング, 3次元, 境界面, ボーリング

## 1 はじめに

インフラ整備や災害対策には、地層モデルや物性モデル（以下、地質モデル）など、地盤・地質情報を3次元で表すモデルがしばしば利用される。一般に、地質モデルはコンピュータ処理により作成される。このため、従来から活用されてきたボーリング柱状図や表層地盤・地質図などの1次元・2次元地盤・地質情報と比べて、

- ・データの更新を容易に行える
- ・地下構造の情報を正確かつ迅速に共有できる
- ・多様な解析へ応用できる

などの利点をもつ。また、他の3次元情報と連携した属性情報管理も可能であることから、土木分野では Construction Information Modeling (CIM) に利用されることも多い。

このような背景から、近年、地盤・地質調査結果から地質モデルを作成するシステム（以下、地質モデリングシステム）が多数開発されている。とくに、都市域の地下構造モデルを作成するシステムの開発は、国内外を問わず盛んである。しかし、これらのシステムがもつ機能は、整備されている地盤・地質情報やシステム開発者のコンセプトなどによりさまざまである。

これまで以上に安心安全な社会作りを実現するためには、地盤・地質情報の更なる高度利用を可能とし、インフラ整備や災害対策などの作業効率や信頼性を向上するシステム開発が必要である。このためには、まず既存の地質モデリングシステムの特徴および共通する課題を整理することが重要である。

本稿では、地質境界面を基礎とする地質モデリングシステムを比較調査した結果を報告する。比較に用いたモデリングシステムは、国内外で開発されて

いる次の4つのシステムである。

- 1) 升本ほか（2009）による Web-GIS システム
- 2) MakeJiban（五大開発（株）、2013）
- 3) 3D GeoModeller（BRGM Intrepid, 2013）
- 4) GSI3D（Mathers et al., 2013）

以下では、便宜上、升本ほか（2009）によるシステムを「OCU GeoModeller」と呼ぶ。

## 2 地質境界面を基礎とする地質モデリング

地質境界面を基礎とする地質モデリングでは、地下浅部の地質構造の解明、とくに地層・岩相分布や地史などの解明を目的とすることが多い。このようなモデリングでは、大きく分けて5つの処理を行う（図1）。

- ①基礎データの収集：地盤・地質調査により、地下構造に関する基礎データ（ボーリング柱状図、地質断面図など）を収集する
  - ②層序・構造の検討：基礎データをもとに、対象範囲に存在する地層の相互関係を検討する
  - ③地質境界面の形状推定：適当な曲面推定法を利用して、地質境界面の形状を推定する
  - ④地質モデルの作成・検証：境界面を利用して、地質モデルを作成する。また、基礎データとの整合性を検証する
  - ⑤最適モデルの決定：①～④の繰り返しにより得た複数のモデルから、最適なモデルを決定する
- ここでは地質モデリングを行う上で重要となる、次の4つのモデリング要素に焦点を当てながら、各システムの機能や特徴を調査した。
- 1) 基礎データ
  - 2) 測地系・座標

\*（独）産業技術総合研究所 地質情報研究部門 情報地質研究グループ 研究員

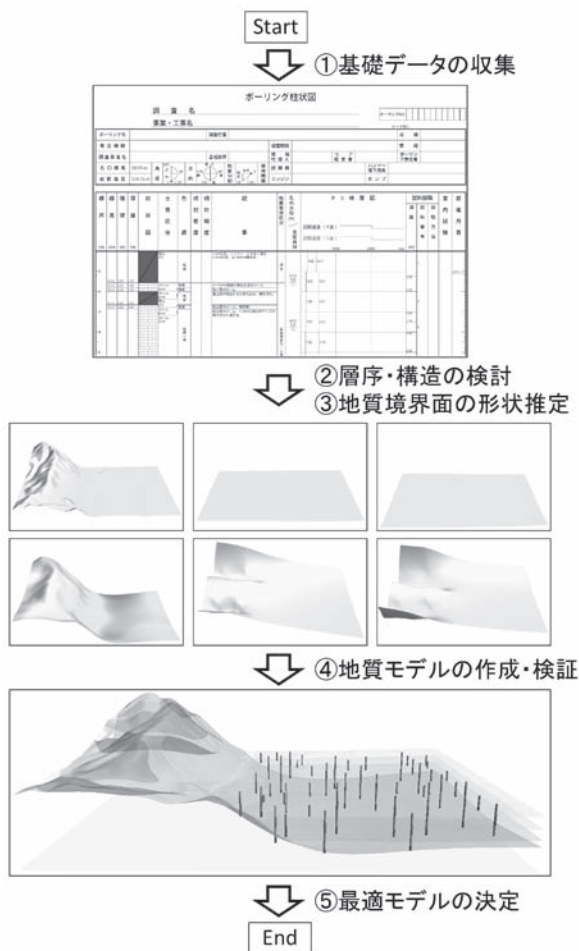


図1 地質モデリングの流れの概要

- 3) 地層の相互関係の表現方法
- 4) 地質境界面の推定方法

### 3 地質モデリングシステムの概要

#### 3.1 OCU GeoModeller

OCU GeoModeller は、Web 上で地質モデルを作成する地質モデリングシステムである (図2)。主な基礎データはボーリング柱状図である。手元にある JACIC 様式のボーリング XML を、システムのデータベースに登録して利用する。モデリングに利用する測地系および座標は、世界測地系 (JGD2000) の UTM 座標である。地層の相互関係は、地質構造の論理モデルにより表現する。地質構造の論理モデルは、地質体と境界面との位置関係を表す数学モデルであり、各地質体を形成したイベント (堆積、侵食、断層など) から数学的かつ機械的に作成する (図3)。境界面の推定では、まずモデリング範囲内にあるボーリング柱状図について、どの部分がどの地質体に対応するのかを指定し、境界面を推定するための標高データを作成する。その後、標高データを制約条件として B スプラインによる曲面推定を行う。推定では、地表地質踏査から得た境界面の標高情報や走向傾斜情報も追加の制約条件として利用できる。ただし、過褶曲を含む境界面は推定できない。地質モデルは、地質構造の論理モデルと境界面の形状と

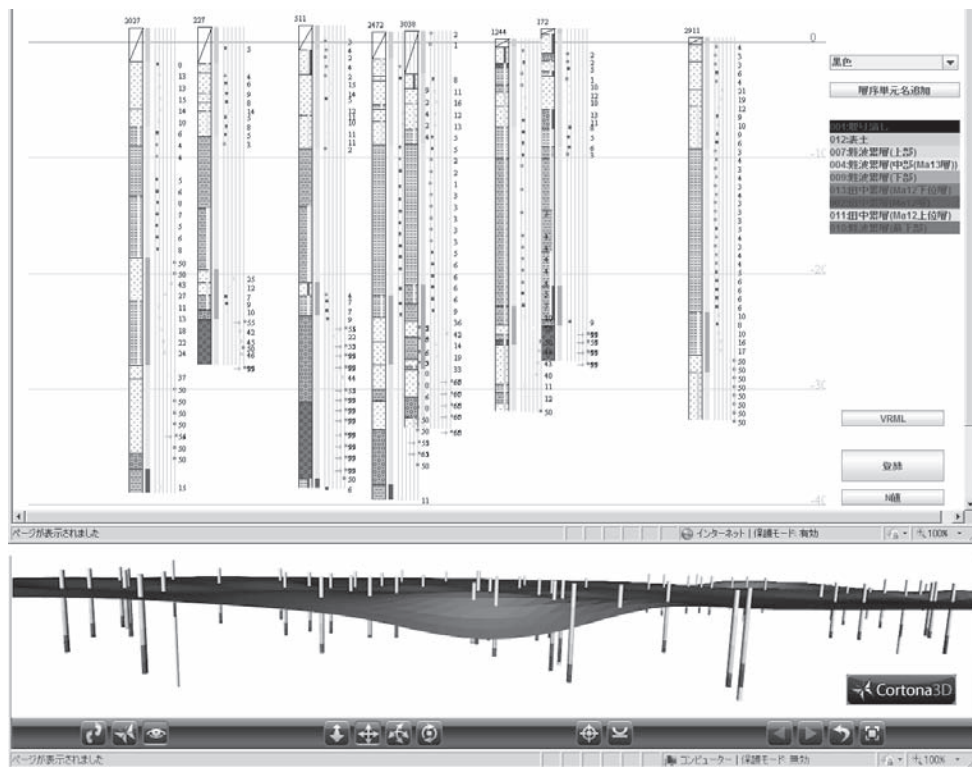


図2 OCU Geomodeller の操作画面の表示例 (上) 岩相対比画面 (下) VRML 表示画面



から作成する。すなわち、地質構造の論理モデルにもとづいて不要部分を取り除いた全ての境界面を統合したものが最終的な地質モデルとなる。モデルの可視化には VRML を用い、Web ブラウザ上で閲覧する。モデリング過程で作成したデータ（地質構造の論理モデル、標高データ、走向傾斜データ、境界面の形状（DEM）、地質モデル）は、いずれも CSV をはじめとする各種テキスト形式で出力できる。

### 3.2 MakeJiban

MakeJiban は、五大開発（株）が開発している 3次元地盤モデル作成システムである（図4）。基礎データはボーリング柱状図、地質断面図、地表地質踏査データなどである。ボーリング柱状図は、JACIC 様式の XML に対応している。モデリングに利用する測地系および座標は、世界測地系

(JGD2000) の平面直角座標である。ただし、座標系の設定は任意である。地層の相互関係は、境界面と地質体との上下関係（図3）、および、境界面間の優先関係により表現する。これらの関係は、システム画面上で境界面と地質体との位置を視認しながら1つ1つ定義する。境界面の推定では、まず基礎データを背景にデータ点をプロットまたは地質境界線をトレースし、境界面推定用の標高データと走向傾斜データを作成する。その後、これらのデータを制約条件として、i) B スプライン、ii) 改良 B スプライン、iii) Delaunay 分割のいずれかの手法による曲面推定を行う。境界面推定用データは外部ファイルからも入力でき、CAD 断面を利用した境界面推定も可能である。また、条件が整う場合には、過褶曲を含む境界面も推定できる。境界面 - 地質体間および境界面間の関係に基づいて、不要部分を取

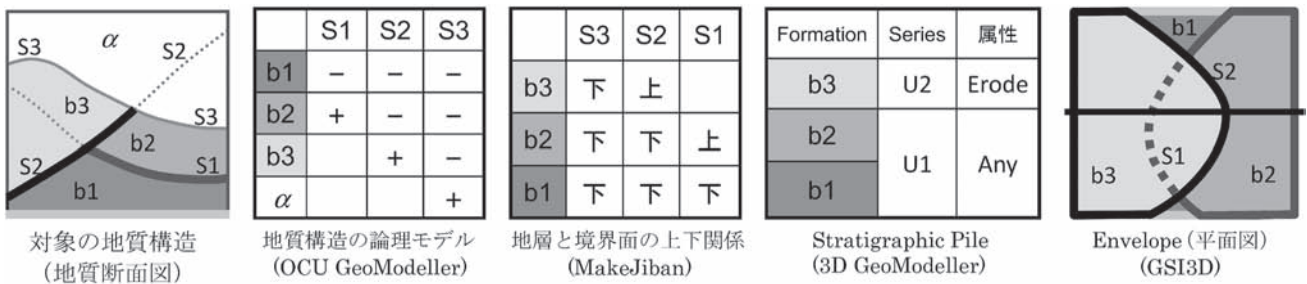


図3 地層の相互関係の表現方法の比較

地質断面図（左端の図）に示した傾斜不整合を含む地質構造を、各システムの図は表現している。 $\alpha$  は地表面よりも上の空間を表す。b1, b2, b3 は地質体を表す。S1, S2, S3 は地質境界面を表す。GSI3D の図に示した中央の東西線は地質断面図の位置を表す。

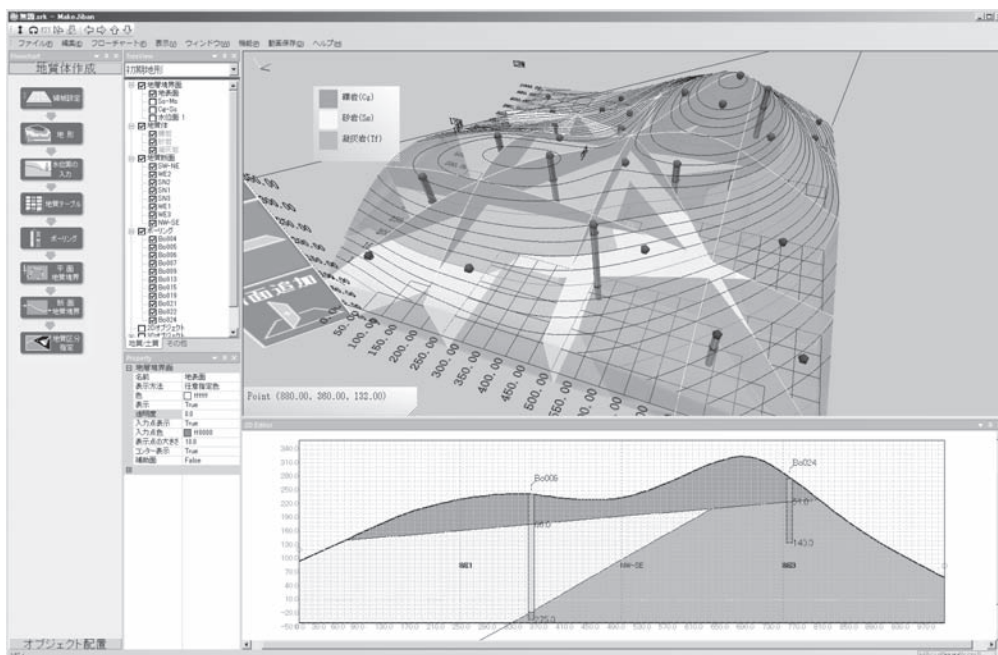


図4 MakeJiban の操作画面の表示例



各地質体の下端がそれよりも下位の地質体に対してどのような属性をもつのかを、下位の地質体から順に指定する。属性は、整合を表す Onlap、不整合を表す Erode、その他を表す Any の3種類から選択する。境界面の推定では、まず基礎データを背景にデータ点をプロットまたは地質境界線をトレースし、境界面の標高データと走向傾斜データを作成する。その後、これらのデータを制約条件として、クリッキングによる曲面推定を行う。褶曲構造のモデリングでは、褶曲軸面やヒンジ線の情報も追加の制約条件として利用できる。また、断層構造のモデリングでは、断層の影響範囲を指定することにより、特定の地質体だけに断層を発生させることができる。Stratigraphic Pile に基づいて、不要部分を取り除いた境界面を全て統合するしたものが、最終的な地質モデルとなる。モデリング過程で作成したデータ (Stratigraphic Pile, 標高データ, 走向傾斜データ, 各地質体の形状, 地質モデル) は、各種テキスト形式で出力できる。一部のデータ (標高データ, 走向傾斜データ) は MapInfo などのバイナリー形式での出力となる。

### 3.4 GSI3D

GSI3D は、英国地質調査所が開発・提供している地質モデリングシステムである (図6)。主な基礎データは、地質平面図、地質断面図、ボーリング柱状図である。測地系および座標系の設定機能は無い。地層の相互関係は、Envelope により表現する。Envelope は、地質体の水平方向・鉛直方向の分布域を示す地質境界線である。たとえば、図3の左端と右端に示した図では、地質体 b1, b2, b3 それぞれの Envelope は、薄灰色の太線、灰色の太線、黒色の太線となる。Envelope は通常、システム画面上で構造的上位の地質体から定義していくが、外部ファイルからの定義も可能である。境界面の推定では、水平方向の Envelope 作成時に得た境界面の分布域と、鉛直方向の Envelope 作成時に得た境界面の標高データを制約条件として、Delaunay 分割による曲面推定を行う。推定した各境界面の形状を統合したものが、最終的な地質モデルとなる。モデリング過程で作成したデータ (標高データ, 境界線, 境界面) は各種テキスト形式で出力できる。Envelope は ESRI Shape 形式での出力となる。3D 画面については、アニメーションやスナップショットなどの作成も可能である。

## 4 比較結果

### 4.1 共通点・相違点

基礎データについては、比較対象を、地下浅部の地質モデリングを主な目的とするシステムに限定したこともあり、共通するものが多い。ボーリング柱状図は全てのシステムで利用される。その他のデータについても、OCU GeoModeller を除いてほぼ共通する。

測地系・座標については、いずれも利用可能なものが限定される。特に、座標については、直感的に大きさや距離を把握しやすい UTM 座標や平面直角座標が利用される傾向にある。GSI3D では測地系の概念がない。

地層の相互関係の表現には、地層の上下関係や境界面間の優先関係などが利用される傾向にある。ただし、これらの関係の決定方法はシステム間で異なる。たとえば、比較的学術色の強い OCU GeoModeller や 3D GeoModeller では、構造発達史にもとづいて関係を決定する。一方、比較の実務向きの MakeJiban や GSI3D では、モデラーの知識や経験にもとづいて関係を決定する。

境界面の推定では、制約条件の種類はほぼ共通するが、推定に用いる手法は多様である。制約条件の与え方についてもシステム間で大きく差がある。たとえば、OCU GeModeller では、調査地点以外での地下構造は未知であるという観点から、ボーリング柱状図や走向傾斜情報が得られた地点以外には面の制約条件を与えない。一方、GSI3D では、モデラーの頭の中にある地質構造をシステム上で再現するという観点から、実際には調査していない地点についても、平面地質図などの解釈データをもとに制約条件を与えている。

### 4.2 システムの発展に向けて

比較結果を踏まえて、以下では、今後の地質モデリングシステムの発展に向けて期待する事項を簡単に記す。

#### ①空間参照系の強化

近年さまざまな空間参照系によるさまざまな GIS データが無償で公開されている。また、これらのデータの中には、地質モデリングに有効な地盤・地質情報も数多く存在する。しかし、地質モデリングシステムでは空間参照系が限定される場合が多く、座標変換・投影変換をせずに直接利用できるデータに限りがある。そこで、システム上で処理できる空間参照系を強化すべきと考える。空間参照系の強化は、各種 GIS との連携を可能とし、基礎データの種類拡

大に繋がる可能性が高い。加えて、基礎データの拡大により、地質モデルの信頼性の向上にも貢献すると期待できる。

### ②応用解析に適した出力形式の検討

地質モデルの利点は地質構造を3次元で可視化できる点だけでなく、各種解析に応用できる点にある。しかし、地質モデリングシステムが出力する地質モデルは、システムごとに異なる形式をもつ。ときには、詳細不明なバイナリー形式となる場合も多い。したがって、地質モデリングシステム自身が解析機能をもたない場合、その関連システムを導入しない限り、地質モデルを各種解析に応用することは難しい。このことは、地質モデルの応用範囲を制限し、地盤・地質情報の高度利用の大きな妨げとなる。そこで、最低限テキスト形式など2次利用しやすい形式でモデルを管理すべきと考える。

### ③システムのオープン化

上述のように、現状の地質モデリングシステムには未だ改良が望まれる点が多々ある。システムの改良には、多様な観点からの意見が必要である。これにはアルゴリズムやプログラムを含めたシステムのオープン化が有効と考える。システムのオープン化にはさまざまなリスクを伴うが、得られるメリットも大きい。たとえば、オープン化された機能同士を組み合わせることによりシステム開発の手間を省けるため、開発効率を向上でき、かつ、開発コストを削減できる。また、多様な機能を組み合わせられるため、柔軟性の高いシステム開発が可能となる。さらに、複数のシステムが共通する機能を使うことにより、データの共有が促進し、地質モデルの標準化などにも繋がる可能性がある。さまざまな地盤・地質情報が流通する昨今、それらの高度利用を目指して、今後もシステム改良の需要は継続すると予想できる。この流れに対応するには、システムのオープン化が重要な役割を果たすと考える。

## 5 おわりに

国内外における4つの地質モデリングシステムを比較調査し、共通点・相違点などをまとめた。ここでは、主に地下浅部の地層モデルを作成するシステムに焦点を当てた。しかし、インフラ整備や災害対策には物性モデルは欠かせない。今後、地震探査や電気探査などの物理探査により得られる地盤・地質情報から物性モデルを作成するシステムも含めた比較調査を行う必要があると考える。

### 〈参考文献〉

- 1) 升本眞二・野々垣進・サラウット ニンサワット・岩村里美・櫻井健一・生賀大之・ベンカテッシュ ラガワン・塩野清治：「Web-GISを用いた3次元地質モデル構築システム」, 情報地質, vol.20, no.2, pp.94-95, 2009
- 2) 五大開発株式会社：「3D地盤モデル作成システム [MakeJiban Version1] チュートリアル」, 五大開発株式会社, 85p, 2013
- 3) S. J. Mathers, B. Wood and H. Kessler : 「GSI3D 2011 Software manual and methodology」, British Geological Survey Internal Report, OR/11/020, 152p, 2011
- 4) BRGM, Intrepid : 「3D GeoModeller Mansfield Short Course Using GeoModeller - to build a Regional 3D Geology Model」, BRGM, Intrepid, 109p, 2013

やさしい  
知識

# シームレス地質図 3D と シームレス地質図 KML

にしおか よしはる\*  
西岡 芳晴\*

Key  
ey Word

シームレス地質図, Google Earth, KML, 3D, スーパーオーバーレイ,  
Web サイト, スマートタイル

## 1. はじめに

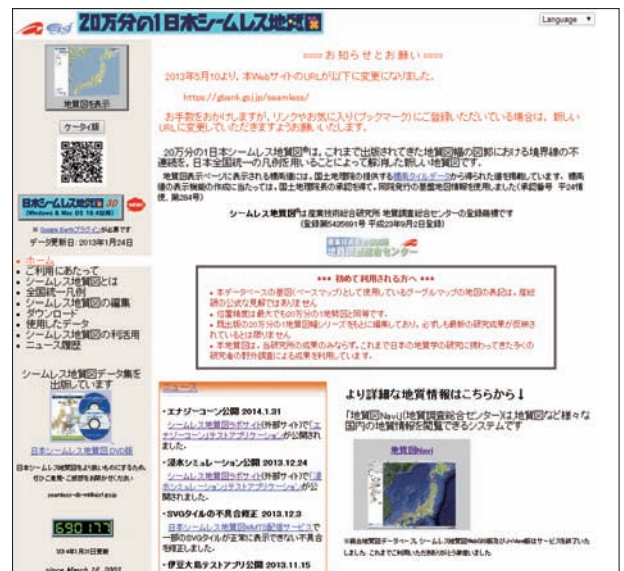
地質図は、本来3次元構造をもつ地質構造を2次元の地図上に表現したものである。地質学の専門的な知識があれば、2次元で描かれた地質図から3次元の構造を類推し、さらには時間的な流れをもつ4次元構造を想像することもある程度は可能である。しかし、この地質図にデジタル技術を応用すれば、3次元構造の様々な表現方法や操作が可能となり、複雑な構造を直感的に把握することが可能となる。このため、情報地質学の分野でも近年の大きな研究テーマのひとつとなっており、様々な研究が行われてきた。特に、地質学的な知識を前提としない、より幅広いユーザを対象に情報提供を行おうとする場合、3次元化の技術開発の意義は大きいと言える。産業技術総合研究所は、20万分の1日本シームレス地質図<sup>®</sup>（以下、日本シームレス地質図）（第1図）のWebサイトにおいて、主にWebテクノロジーを用いて3D鳥瞰図表示を行うシームレス地質図3Dおよびシームレス地質図KMLを開発、公開している。これらのサービスは地質情報の概要把握や地質学を専門としない方への説明等に特に有効であるので、本稿ではその活用法について解説する。

日本シームレス地質図は、産業技術総合研究所地質調査総合センターが地質情報の利便性向上と有用性拡大を目指して無償で公開しているデジタル地質図である（脇田ほか、2008<sup>1)</sup>）。

〈日本シームレス地質図トップページのURL:  
<https://gbank.gsj.jp/seamless/>

この地質図は、印刷・出版された個々の20万

分の1地質図幅をデジタル化し、凡例を統一して再編集したもので、2005年度に全国の基本版が完成している（井川、2006など<sup>2)</sup>）。この日本シームレス地質図は様々なサービスを提供している（第2図）。メインとなる地質図表示ページ（2次元表示）は主に地質学を専門としない一般ユーザを中心ターゲットとして開発されており、わかりやすい操作性と高速応答性を重視したものである。その一方、日本全国を統一凡例で表現したものである。最も大縮尺な地質図でもあり、特定の地質単元を選択して表示する機能なども有しているので、地質を専門とするユーザの使用にも十分応えられるものとなっている。



第1図 20万分の1日本シームレス地質図のトップページ

▶ 左上の「地質図を表示」ボタンをクリックするとメインの地質図表示ページに移動する。

URL ■ <https://gbank.gsj.jp/seamless/>


\* 産業技術総合研究所 地質情報研究部門



第 2 図 日本シームレス地質図が提供するサービスの概要

- ▶ 通常の地質図表示 (2D), シームレス地質図 3D・シームレス地質図 KML のほか, ダウンロードサービス, WMS 配信, WMTS 配信, DVD 出版を行っている。

## 2. シームレス地質図 3D (Web サイト) の活用法

シームレス地質図 3D は, 日本シームレス地質図の通常の 2D 版ビューアの機能をほぼ網羅しつつ, 3D 鳥瞰図が利用可能なウェブページで, 2013 年 2 月に公開を開始したものである(第 3 図)。日本シームレス地質図のトップページからは,  のアイコンをクリックすることにより利用することができる。

〈シームレス地質図 3D の URL:  
<https://gbank.gsj.jp/seamless/3d/> 〉

ただし, このページを閲覧するためには, Web ブラウザに Google Earth プラグイン (Google 社, 無料) をインストールする必要がある。環境によってはこのプラグインが提供されていないので注意が必要である。例えば, iOS (iPad や iPhone), Android には対応していないので, 次項のシームレス地質図 KML を利用する必要がある。

このページでの地図の操作は Google 社の Google Earth と全く同様である。例えばマウスでドラッグすることにより地図を移動したり, マウスホイールで拡大・縮小, 左サイドのコントローラで傾けたりと, 直感的に理解しやすい操作方法となっている。また, この地質図の任意の地点をクリックすると, その地点の地質の説明を表示することができる(第 3 図)。この説明の中では, 専門用語には用語解説機能もつけられており, 必要に応じて図や写真も表示される(第 4 図)。

さらに, ウィンドウ左端のタブをクリックするとコントロールパネルが表示され, 地名検索や地質図の描画設定などを行うことができる(第 5 図)。



第 3 図 シームレス地質図 3D の表示画面と基本的な機能

- ▶ 地名検索や透明度変更, 火山・活断層の表示切替等の基本機能のほか, クリックによる地質情報の表示等も行える。

URL ■ <https://gbank.gsj.jp/seamless/3d/>



第 4 図 シームレス地質図 3D で地質用語解説を表示

- ▶ 地質図上をクリックすると, 黄色いピンとその位置の地質情報が表示される。地質情報のリンク部分(青字でアンダーライン付)をクリックするとその用語の解説が表示される。



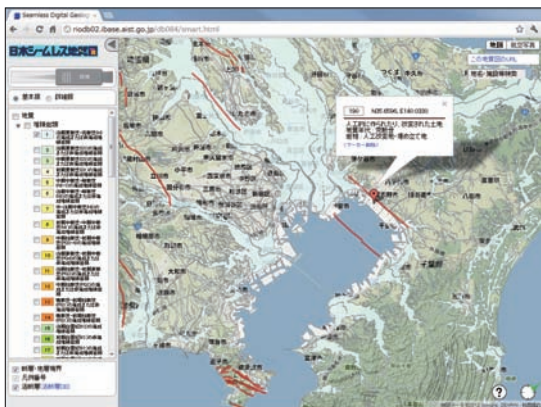
第 5 図 シームレス地質図 3D のコントロールパネル

- ▶ タイトルの直下の 2 つのアイコンは, [リンク] と [検索] ボタンで, そのほか透明度, 基本版・詳細版切り替え等が行えるほか, 表示する地質単元の選択もできる。

地質図関連では、基本版（凡例数 194）と詳細版（凡例数 386）の切り替え、不透明度の変更、断層・地層境界や凡例番号の表示 On/Off、活断層や火山の表示の On/Off を行うことができる。

コントロールパネルでは、凡例項目を表示したツリーのチェックボックスを操作することにより、選択した地質単位のみを表示することもできる。

第 6 図は、東京周辺で後期更新世 - 完新世堆積物（いわゆる沖積層）のみを表示させた例である。



第 6 図 後期更新世 - 完新世の堆積物のみを表示

▶ 後期更新世 - 完新世の堆積物（いわゆる沖積層）のみを選択表示している。また、この地図では、活断層の位置も表示している。

活断層データベースの URL :

■ [https://gbank.gsj.jp/activefault/index\\_gmap.html](https://gbank.gsj.jp/activefault/index_gmap.html)

なお、このサイトで使用しているデータは日本シームレス地質図®WMTS 配信サービスとして公開されているタイル画像である。ユーザはこれらのタイル画像を使って無償で Web サイトを構築することも可能である。

〈シームレス地質図 WMTS URL :

<https://gbank.gsj.jp/seamless/wmts/wmts.html>

これらのサービスでは、高速描画のために地質図画像をタイル分割し、かつ解像度毎にタイルを用意するというピラミッドタイル形式の地図画像を用意している。また、KML のスーパーオーバーレイを用いて、必要なタイル画像をそのつど利用者のパソコンから呼び出すという技術を使用している。そして、選択した地質単位を表示する機能では、日本シームレス地質図の作成過程で開発したスマートタイルというシステムアーキテクチャを採用している<sup>3)</sup>。

### 3. シームレス地質図 KML (KML ファイル) の活用法

KML は、Google Earth 等のソフトウェアで利用できる地図データの国際標準ファイルフォーマットである。シームレス地質図 KML は、前項のシームレス地質図 3D で使用しているデータを抜き出して KML ファイルとして利用できるようにしたものである。以下の「シームレス地質図の利活用」ページ（第 7 図）からダウンロードできる。

〈「シームレス地質図の利活用」の URL :

<https://gbank.gsj.jp/seamless/index.html?p=sample>



第 7 図 「シームレス地質図の利活用」のページ

▶ このページからシームレス地質図 KML をダウンロードできる。

このページでは、基本版、詳細版それぞれについて、不透明度を持たないものと不透明度を 70% としたものの 2 種類を用意している。以下に、不透明度 70% のものについて、スマートフォンなどでダウンロードしやすいように QR コード化したものを示す。



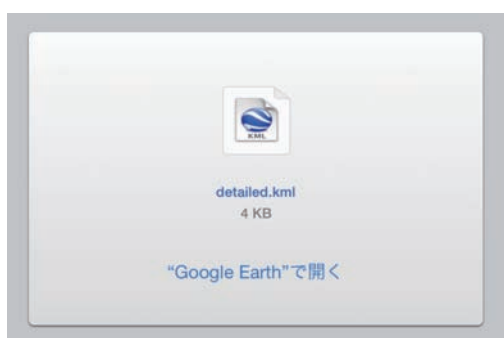
QR コード基本版  
(不透明度 70%)



QR コード詳細版  
(不透明度 70%)

Android や iOS 環境では、Google Earth プラグインが提供されていないため、前述のシームレス地質図 3D ページは利用できないが、Google Earth

アプリケーション自体は提供されているので、それをインストールすればこのシームレス地質図 KML を使って地質図を 3D 表示できる。例えば、iPad でこの URL からダウンロードすると、Google Earth がインストールされている状態ならば、第 8 図のような画面が表示される。ここで「Google Earth」で開く」をタップすれば、シームレス地質図が表示された状態で Google Earth が利用できる（第 9 図）。機能は限定されており、透明度の変更やタップによる任意の地点の地質情報の表示、地質単元の選択等の機能は利用できない。しかし、表示ウィンドウ中央地点の情報を表示する機能があるので、知りたい地質単元が表示ウィンドウの中央に来るように位置を調整し、ターゲットアイコンをタップすると説明を表示、確認することができる（第 10 図）。なお、Android や iOS での Google Earth は、ダウンロードしたデータの不透明度を変更する機能を持たないので、不透明度 70% のものを利用すると便利である。

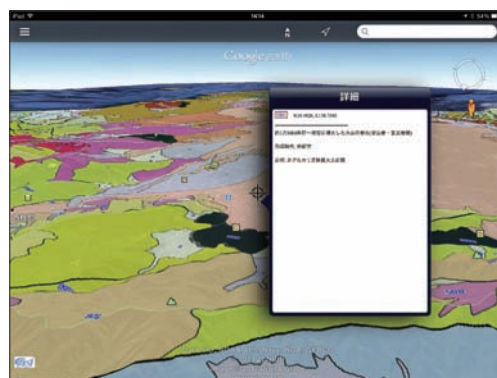


第 8 図 iPad でシームレス地質図 KML をダウンロードしたときの表示画面の例



第 9 図 シームレス地質図を Google Earth で表示した例

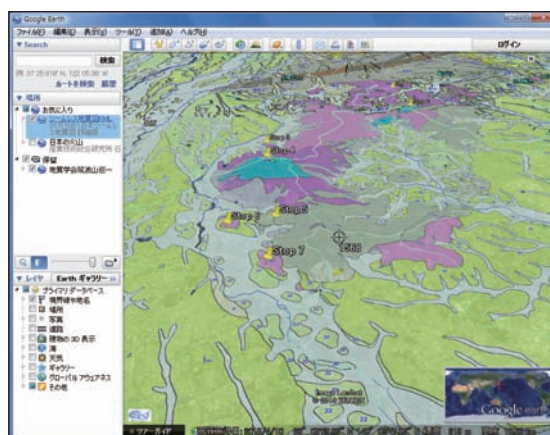
▶富士山を北東側から眺めたところ（地質図は詳細版）



第 10 図 シームレス地質図 KML 利用時の地質凡例説明の表示

▶中央の「ターゲットアイコン」をタップすると地質の説明が表示される。

さらに、デスクトップ PC ユーザにもシームレス地質図 KML の便利な活用法がある。Google Earth はユーザが用意した KML を表示する機能を有するので、このシームレス地質図 KML を使えば、シームレス地質図の上に自分の取得したデータや写真の位置を重ね合わせて表示するといった使い方ができる。例えば、第 11 図では巡検の観察地点の情報を別の KML ファイルとして用意し、シームレス地質図 KML と重ねて表示させており、マーカーをクリックすると説明や写真が表示される。また、Google Earth はパソコン用の一般的なゲームパッド (XInput 準拠等) にも対応しているので、ゲームパッドを用意してパソコンに接続すれば、ゲーム



第 11 図 Google Earth 上でシームレス地質図 KML の上にポイントデータを重ね合わせた例

▶この例では、巡検の観察ポイントをプロットしており、クリックすると簡単な説明や写真が表示される。このようなユーザデータは Google Earth でも作成できるが、市販の地図ソフトでも KML ファイルの出力機能を持ったものは多い。



感覚で地質図の上を飛び回ることも可能であり、一般向けに地質の説明を行う際には特に有効である。

#### 4. おわりに

シームレス地質図 3D 関連サービスは、今後描画品質の向上、高速化をおこなっていく予定である。また、現在、WebGL という技術を使って、Android 等でもシームレス地質図 3D が利用できるように開発を進めている。誰にでも使いやすい地質図を目指して作成を開始したシームレス地質図は現在もなお進化を続けている。皆様のご意見、ご要望、ご批判等いただければ幸いである。

---

#### 〈引用文献〉

- 1) 脇田浩二・井川敏恵・宝田晋治・伏島祐一郎：シームレスな 20 万分の 1 日本地質図の作成とウェブ配信－地質図情報の利便性向上と有用性拡大を目指して－, Synthesiology, vol.1, no.2, pp.82-93, 2008
- 2) 井川敏恵：誰にでも使いやすい地質図をめざして 20 万分の 1 日本シームレス地質図データベース, 産総研 Today, vol.6, pp.38-39, 2006
- 3) 西岡芳晴・野々垣（眞坂）淑恵：新タイルサービスの考案とシームレス地質図への適用. 情報地質, 第 22 巻 第 2 号, pp55-59, 2011

**K**ey Word 地表地質踏査, 活断層調査, 魚沼ハンマー, 安全確保・危険回避, 野外教育,  
高校地学教育, 技術の伝承, 教育訓練体系

### 1. はじめに

地表地質踏査に関する「基礎技術講座」の第3回です。第1回では「地表地質踏査技術の基礎」と題して、地表地質踏査の位置付け、著者の経験した地表地質踏査として斜面崩壊、地すべり、付加体での調査事例が述べられていました(林, 2013)。また、第2回では「地表地質踏査の原点～過去から現在へ～」と題して、地質学の原点から地表地質踏査の原点、そして地表地質踏査による検証の事例が述べられていました(上田, 2013)。

今回は「地表地質踏査, あれこれ」と題して、最近マスコミを賑わしている活断層に関する地表地質踏査と踏査時の安全確保・危険回避について、そして地表地質踏査の現状と踏査技術の伝承について、私見を述べさせていただきます。

### 2. 活断層の地表地質踏査

#### 2.1 活断層調査の概要

活断層の調査は、地域防災計画の策定や構造物の耐震設計に必要な基礎資料を得るために実施するもので、断層の位置、長さ、走向・傾斜、変位様式、最新活動時期、活動間隔、平均変位速度、1回の変位量などの断層パラメータを得ることが目的となります。

一般的な地質調査と同様、文献調査、空中写真判読(地形調査)、地表地質踏査の順に行いますが、活断層は、その証拠が地形に残っている可能性が高いため、一般的な地質調査より空中写真判読に重きがおかれます。空中写真判読は、活断層調査の実質的な第一歩で、活断層の疑いのある変位地形(リニアメント)の抽出や、変位基準地形とな

る段丘面などの地形面の区分・対比を行います。

地表地質踏査では、変位地形(リニアメント)に沿って、片側0.5~1km幅の範囲を詳細に調査します。地表地質踏査の後、さらに詳細調査として物理探査、ボーリング調査、トレンチ調査などが行われるのが一般的です。

活断層調査の流れの例を図-1に示します。

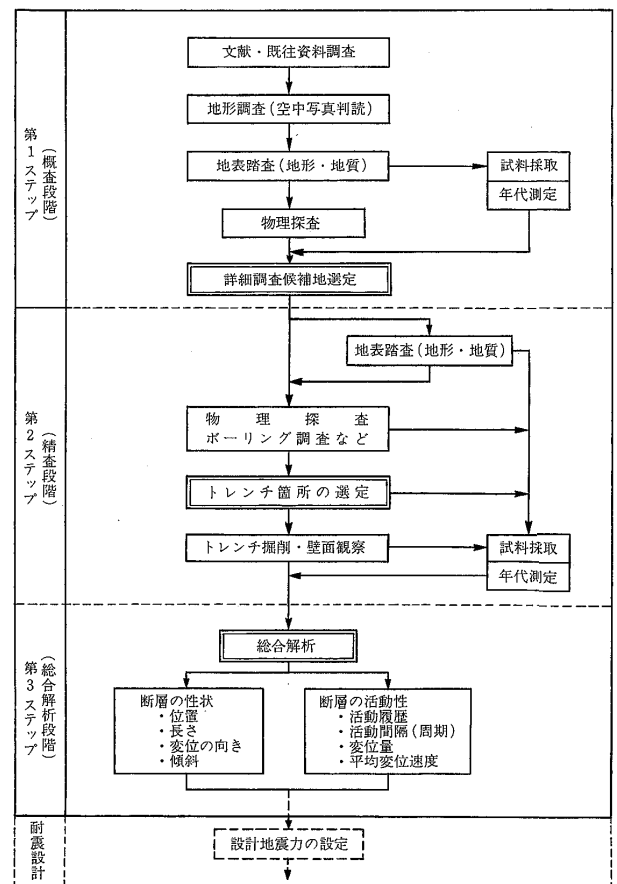


図-1 活断層調査のフロー(池田ほか, 2000)

\*株式会社ダイヤコンサルタント 顧問

## 2.2 地表地質踏査の目的

活断層の地表地質踏査では、通常の地質記載や断層露頭の確認だけでなく、空中写真判読により抽出した変位地形や段丘面などの変位基準地形の状況の確認・記載が重要となります(図-2)。

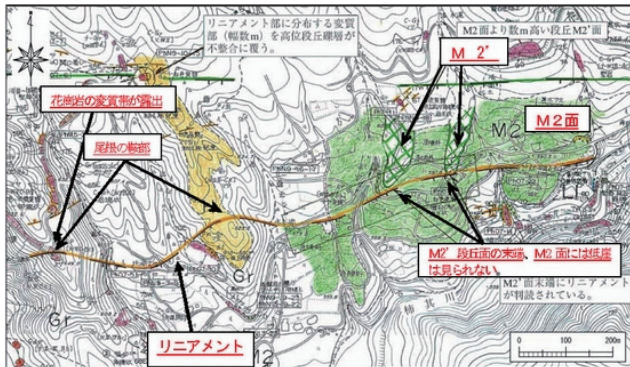


図-2 活断層周辺の地表地質踏査結果の例

### 〈変位地形の検討〉

空中写真判読により抽出した変位地形や段丘面などの地形状況を現地を確認するほか、空中写真では判読できない微地形や空中写真判読で不確実であった地形要素について確認します。特に沖積面などの新しい地形面での変位の有無について、現地で詳細に検討を行います。

### 〈変位基準面の検討〉

空中写真判読により認定した地形面について、地形面を構成する堆積物の性状を確認するとともに、その年代を特定します。通常の活断層調査では、後期更新世以降の断層活動について検討するため、年代の特定には、火山灰層序法、放射性炭素年代測定法、型式学的研究法(考古学的遺物を利用する方法)などが用いられています。

地表地質踏査では、広域火山灰(テフラ)(写真-1)の確認・認定が重要となります。



写真-1 北海道東部の阿蘇4テフラ(町田・新井, 2003)

### 〈断層の有無, 地質・地質構造の検討〉

変位地形(リニアメント)沿いの断層露頭の有無, 変位地形を挟んだ地層の走向・傾斜や岩相の変化などを確認し, 地質的な観点から断層の有無, 断層の位置・長さ・傾斜などを検討します。

## 2.3 詳細調査地点の検討

上記のような検討を目的として詳細な地表地質踏査を行ったとしても, 断層の活動時期などを特定できないことが一般的です。そのため, 地表地質踏査では, 断層パラメータを取得するための詳細調査地点の検討・選定が, 重要な課題となります。断層の活動性評価のためのパラメータのうち, 何が不足しているのかを十分検討し, 調査計画を立案します。

地質的には, 大きな河川が流れ込まない静穏な堆積環境の湿地など, 地層がほぼ連続的に堆積し, 年代測定が可能な試料が含まれている場所が, 理想的な地点となります。活断層の評価に必要なすべてのパラメータを把握できる地点はまれで, 数ヶ所で詳細調査を実施して, 総合的に判断・評価する必要があります。

また, トレンチ調査では, 地権者の了承が得られること, 掘削に必要な重機の搬入が可能であることも, 地点選定の重要な要素になります。

## 2.4 地表地質踏査で役立つ道具

活断層の地表地質踏査では, 林(2013)などに示されている基本的な踏査道具のほか, ハンドレベルやハンディー距離計, ハンディーGPSやGPS機能付きカメラ, 土色帖などがあると, 標高や比高の測定・計測, 位置の確認, 土壌の色調による地形面の形成年代の推定に役立ちます。

活断層, 特に逆断層は, 平野と丘陵・山地の境界に存在しており, 周辺の地質は, 未固結~半固結状の堆積物からなることが多く, このような場所では, 地質露頭が草本や崖錐で埋もれているのが一般的です。そのため, 地質調査用のピックハンマーより, 「魚沼ハンマー」が便利で威力を発揮します(写真-2)。

魚沼ハンマーは柄が長く(70cm程度), ハンマーヘッドの片側が尖り, 反対側がバチ状の小型の「つるはし」です。重量が1kg程度で比較的軽く, 柄とハンマーヘッドが容易に分解可能なので, 携帯性に優れています。柄の長さが少し短い類似品が, ホームセンターの園芸コーナーで, 撥鶴(ばちづる)とか十字鋏とか呼ばれて売られています。魚沼ハンマーは, 比較的容易に露頭を掘り出すことがで

きますが、露頭を観察するための整形には不向きです。

そこで、さらに有効なのが草削・除草作業用の立鎌・ホーです。柄の長さが1.2～1.3 m、刃の幅が15～20cm、高さが10cm程度のものが適度な重量で、使い勝手が良いようです。本来の目的の除草、露頭の掘り出し、観察のための整形に有用で、ピックハンマーより確実に使用頻度が高く、非常に役立ちます。



写真-2 右から立鎌，魚沼ハンマー，十字鋏，ピック・ハンマー

### 3. 地表地質踏査時の安全確保・危険回避

地表地質踏査では、急峻な山岳地、人里離れた深山に分け入ることがあります。露頭を求めて沢を、場合によっては急崖や滝を登り下ります。地表地質踏査は、少人数で、時には単独で行うことがあるため、緊急事態や事故・遭難が起きないとも限りません。そのようなことがないように、安全を確保するための心得と万が一不測の事態が生じた場合の心構え、その対策について書いてみたいと思います。

#### 3.1 踏査開始前の準備と心得

まずは、緊急時連絡網、連絡方法などを定めた緊急時連絡体制図を作成し、関係者に周知徹底することが重要です。また、踏査前の準備、踏査時の注意、現場での救急法、不測時の対応などをまとめた踏査安全手帳（野帳と同じA6版程度）を作成しておくことが便利です。踏査安全手帳は、緊急時連絡体制図とともに携帯するように心がけます。

宿泊施設、現場事務所などには、救急用品を常備しておきます。また、人里離れた深山では、携帯電話が利用できないことが多いため、必要に応じて衛星電話の利用も考慮します。

踏査出発前には、必ず全員でミーティングを行います。現場責任者は、気象情報に十分注意し、落雷・強風などの警報が発令されている場合は、踏査を中止し室内業務を行う配慮が必要です。

天候、各自の健康状態、現場の状況、調査者の体力・経験などを考慮して調査ルートや集合場所・集合時間を決定し、全員で相互のルートを確認し合います。当初の調査ルートを変更せざるを得ない場合もあるため、第2、第3の集合場所・時間を決めておくことも必要です。

複数で踏査し、車両も複数ある場合は、各車両のスペアキーを作成し、入山場所と下山場所で車両を交換すると、効率的な踏査を行うことができます。

#### 3.2 踏査時の心得

地表地質踏査では、沢沿いを歩くことが多く、深い谷では日没前から暗くなります。とくに秋から冬にかけては日没が早いので、時間に余裕を持った行程でルートを選定します。また、沢歩きは、登りより下りに危険性が高いことを十分認識し、調査地が急峻な場合は、予定時間の半分を帰路の時間に充てるように時間配分します。予定作業を消化することより、決められた時間までに、決められた集合場所に到着することを第一とします。

踏査中は、1～2時間に一度は休憩を取るようにします。一日のうちで最も注意を要する時間帯は、肉体的にも精神的にも疲労が濃くなる午後3時頃から夕刻にかけてです。調査に夢中になり昼食の時間が遅れると、疲労と空腹が重なり事故を起こしやすくなるので、決まった時間に昼食を摂るように心がけます。余った昼食は非常食にもなるので、安易に破棄せず持ち帰り処分します。余った食料を現場に破棄すると、クマなどの野生生物を呼び寄せるエサにもなりかねません。

調査中に天候が急変した場合は、事前の打ち合わせがあればそれに従い、事前の打ち合わせがなければ、無理をせずに速やかに踏査を中断し、下山の準備に移ります。

植生密集地帯の歩行（やぶこぎ）時には、ハンマーや携行品を落としても気づかないことがあり、携行品は体にしっかりと固定する注意が必要です。また、つる植物が多い場所での「やぶこぎ」には、刃先の丸いハサミを携帯すると便利です。

山火事防止の観点から、たばこの吸殻は携帯用灰皿に入れて持ち帰ります。また、焚火は緊急時以外は厳禁です。

### 3.3 踏査時の服装・携行品

踏査時には、落石による負傷を防ぐため、ヘルメットは必ず着用します。上着は、害虫・毒植物から肌を守るため、暑くとも必ず長袖を着用します。狩猟期には、狩猟動物と誤認されないように、目立つ色調の服装の着用を心がけます。

ズボンには、綿素材より化繊素材が水キレがよく、体温低下も防いで適しています。ジーパンは膝が曲がりにくく、踏査には適していません。

履物は、地下足袋・脚絆、長靴、登山靴、安全靴などを、踏査場所に応じて適宜使用します。水深のある流れの緩やかな川の踏査では、つり用のゴム胴長が有効です。

また、やぶこぎなどで不意に棘のある植物を掴むこともあるため、棘の通らない革手袋などを着用します。

いざという時のために、雨具、懐中電灯、飲料水、非常食、マッチ・ライターなどの火種は不可欠です。シュリング（太さ5～6mm、長さ1.5mくらいのロープの両端を縛って輪にしたもの）を携行しておく、急斜面や滝を高巻して登り下りする際に補助ロープとして利用でき、重宝します。

チェックリスト（図-3）を作成し、服装・携行品の点検を行うと、忘れ物防止に役立ちます。

地表踏査時の服装・携行品のチェックリスト

		夏期・温暖地	冬期・寒冷地
服装	上下服	夏期用作業服またはそれに準ずるもの（暑くとも必ず長袖）	冬期用作業服またはそれに準ずるもの
	下着	木綿で可	できるだけ動物性繊維製（羊毛、絹等） （濡れても体温を奪わない）
	履物	安全靴またはそれに代わるもの	防寒仕様安全靴またはそれに代わるもの、 靴下は毛のもの
	帽子	保安帽（暑くとも脱がない）	保安帽
	手袋	軍手・作業用手袋	防寒仕様作業手袋
	その他	手拭・タオル	手拭・タオル
雨具	折りたたみ傘 カッパ・ボンチョ・ヤッケなど 防水加工のもの	折りたたみ傘 カッパ・ボンチョ・ヤッケなど 防水加工で防寒仕様のもの	
	ビニールシートを携行すると雨具にもなるし、 強制野営のときの設営材料にもなる		
防寒着	各種防寒着（防水仕様で動き易く、丈夫なもの）		
火だね	マッチ・ガスライターなど（マッチは濡れないようにビニール袋に入れる）		
燃料	携帯用燃料（固形燃料、液体燃料、フタガス引火に注意） バーナーなどの器具も忘れずに		
照明	懐中電灯・キャップランプが最適、いずれも防水仕様のもの必要に応じて予備の乾電池 （濡れないようにビニール袋に入れる）		
食料品	弁当：団体行動以外は必ず個人が携行のこと 嗜好品：非常食にもなるもの（缶詰、アメ、チョコレートなど） 非常食：カンパン、真空パックの食料、カップラーメン、チーズ など、状況、体力に合わせて携行する。2～3日分が理想		
飲料	水筒にいれた水道水・麦茶、缶詰の清涼飲料などの携行が理想 汽水・湯水を飲料にするときは衛生に十分注意する。 金属製のカップを携行すると便利		
医薬衛生	傷薬、胃腸薬、目薬、包帯、三角巾、バンドエイドなど濡れないようにビニール袋に入れて携行（各自の常備薬：高血圧、狭心症、アレルギーなど）		
その他(1)	時計（防水仕様、出発時及び分かれる時にラジオ、テレビの時報に合わせる。 別行動をとるときはお互いに時間を確認） ナイフ・タガ等の刃物（取扱い注意） サングラス（地質、岩石の判定を間違えぬ程度の色付） 笛（獣よけ、合図用） ラジオ（感度のよいもの、防水仕様ならなお良い） 携帯用無線機（無線使用の状況が整っている場合） ロープ・ヒモ（登山用などは状況に応じて準備） 顕微鏡（小型のもの、取扱い注意） ゴムボート・救命圈衣（河岸・湖畔・海岸・洞穴などの調査時）		
その他(2)	新聞・雑誌（休憩時の読物・焼き付け・緊急時の防寒（下着が濡れて寒いとき下着と肌の間に入れる））		
その他(3)	携行品を入れるザック（登山用サブザック） 風呂敷（包帯・三角巾の代用にもなる） 調査用具の転用（クリノメータは磁石の代わり、ルーペは晴天時なら着火具として利用できる）		

現場作業所の常備救急品

医薬品	消毒薬（オキシドール、リパノール、ヨードチンキ、マーキュロクロム、 アルコールなど） 傷薬（キンカン、メンソレータム、オロナイン、抗生物質（アレルギーなどに注意）） 胃腸薬（各種あり） 鎮痛剤（セサ、ペップアリンなど） 目薬（各種あり）
衛生品	服部綿、ガーゼ、包帯、三角巾ばんそう膏、バンドエイドはさみ、ピンセット、 包帯止め、体温計、水枕、氷嚢

図-3 チェックリストの例

### 3.4 天候変化への対応

全天の半分を入道雲が覆うと、発雷が近いので退避の準備をします。雷鳴を聞いたなら雷光と雷鳴の時差（秒）×340m/sで雷の位置を確認し、近づくようであれば、一刻も早く下山します。万が一雷に追いつかれたら、稜線、大木・大樹から可能な限り遠ざかり、岩洞や炭焼き小屋、送電線鉄塔などがあれば、そこへ避難します。沢は増水の危険性があるので、避難場所には適していません。落雷の直撃を避けるため、ハンマーなどの調査用具や時計、ベルトのバックルなどの金属製品を体から外し、5m以上離します。雷との遭遇については、大橋（2010 b）に詳しく書かれています。

風が沢から吹き上げると、霧が発生します。また、稜線の片側から風が吹くと、反対側に霧が発生することがあります。霧が濃くなりそうであれば、下山の準備を行います。濃霧に巻かれ視界が利かなくなったら、雨を避けられる場所に避難し、霧が晴れるまで動かないことが重要です。

風が出てきた場合は、体温低下に注意が必要です。風速1m/sで体感温度が1℃低下すると言われています。防寒具・雨具を着用し、体温の低下を防ぎます。同様に、雨で衣服が濡れると体温が低下するため、早めに雨具を着用します。

一方、夏場の踏査では、熱中症に注意が必要です。炎天下では直射日光から身を守り、水分・塩分の補強を頻りに心がけます。5月から10月にかけては、環境省から各地の熱中症予防情報が発信されており、熱中症予防の参考になります。

最近ではゲリラ豪雨が多発し、下流は小雨でも上流で豪雨になっていることもあり、沢の踏査では急な増水に十分な注意が必要です。

### 3.5 危険な山の生き物

地表地質踏査で一番出会いたくない野生生物は、クマではないかと思えます。イノシシ、マムシ、ハチ、毛虫、山蛭、ダニなどにも出会いたくないものです。

クマやイノシシなどに遭遇しないためには、嗅覚・聴覚の鋭い彼らに、自分の存在を知らせることが重要です。筆者は、沢を踏査する際には、時折ハンマーの側面で転石などを叩き、カキーン、カキーンと金属音を発しながら歩いています。普通にハンマーを使用するのは異なり、よく通る案外大きな音が発生します。また、ホイッスルも効果的です。

クマ鈴も有効ですが、歩行時にしか鳴らないこ

と、沢では沢音にかき消される難点があります。

筆者は、富山県と岐阜県の県境付近の踏査で、クマに出会ったことがあります。沢から林道へ上がり、林道を次の沢へ移動途中のことです。季節は夏で、その年の春に親離れしたと思われるまだ人の気配に敏感でない中くらいのクマでした。遭遇した当初の距離はおおよそ 50 m、最初は黒い大きな犬かと思い近づき、30 m くらいの距離になったときに、クマが筆者に気づきました。クマは 2-3 歩筆者に近づいたと思ったら、踏査を予定している沢の方へ逃げて行き、大事には至りませんでした。その時はクマ鈴を付けておらず、林道という油断もあり、ハンマーで音を発することも忘れていたための遭遇と反省した次第です。当然、予定していた沢の踏査は、後日に変更しました。クマとの遭遇については、大橋 (2010a) に詳しく書かれています。

また、ウルシ、ハゼ、ドクウツギ、クマザサなどの植物にも注意が必要です。

### 3.6 不測の事態・事故

不測の事態・事故を避けるために重要なことは、決められたルートを変更しないことです。また、先に述べたように、無理な行程を組まないことです。行程が大きく遅れた場合は、ルート半ばでも踏査を断念し、下山する勇気が必要です。

尾根越えする場合は、下りで予定外の沢に入る恐れがあります。特に尾根付近が平坦な地形の場合は、注意を要します。踏査ルートから迷った場合は、自分の位置を確認できる地点まで逆戻りします。予定のルートに戻れなかった場合は、稜線沿いを下山します。沢を下ると滝に遭遇し、進退窮まる場合があります。

万が一、道に迷い下山できそうにない場合は、日没前にビバークを決断します。懐中電灯を携行している場合でも、夜間の歩行は非常に危険です。

ビバークする場所は、風雨をしのげる大木の蔭や岩陰を選びます。尾根や稜線は、風が強いので不向きです。また、沢は急な増水の可能性があること、瀬音で救助隊の声が聞こえないことが多いので避けます。気を落ち着かせ、むやみに動かないことが肝要です。

火災の危険がない場所で、焚火をして明かりと暖をとります。焚火は地面が柔らかい場合は穴を掘り、岩石が多い所では岩塊でカマドを作ります。枯葉、白樺の皮などを火付材として、杉、松、ヒバ、ブナなどの枯木を薪として利用します。生木や流木は、焚火の周りで乾燥させて使用します。長く

燃え続けるための木を燃やして、火種を絶やさないようにします。

凍死の恐れがない場合は、十分着こんで仮眠をとります。凍死の恐れがある場合は、寝ずに起きたまま夜明けを待ちます。

夜明けとともに自力で下山が可能であれば、素早く行動を起こします。自力で下山が困難と判断した場合は、焚火の煙、ホイッスルやハンマーで音を立て、救助隊に自身の存在を知らせます。手持ちの資材を活用して生命の安全を維持し、救助されやすい状態を保つことが肝要です。

## 4. 地表地質踏査の現状

### 4.1 地質屋って？

最近では、デジタル・クリノメータ (写真-3)、航空レーザー測量による地形の可視化、GPS 機能による正確な位置情報の入手など、技術革新により地質調査の世界にも利便性・精度の向上がもたらされましたが、地質屋が露頭を求めて野山を歩き回り、地質を記載する地表地質踏査の基本は変わりません。

時代や環境がどう変化しようとも、地表地質踏査を行い、地質図を読み書きできるフィールド・ジオロジストが、「地質屋」であると思います。



写真-3 デジタル・クリノメータ

### 4.2 大学での野外教育の現状

地質図を読み書きできる「地質屋」がいなくなる (岩松, 1996, 横山, 2007 など) といわれて久しいですが、では、「地質屋」を教育・輩出する大学の現状はどうなっているのでしょうか。

一番の問題は、地表地質踏査 (野外調査) を指導してきた団塊世代の教員が、あと数年で大量に退職するということです。団塊世代の後の教員には、地質図を作成せずに卒業した方々も多く、当然のごとく野外調査の指導はできません。

退職した教員の後任を募集するにあたり、「地質

図を作成できる]、「野外調査の指導ができる」などの条件をつけると、応募が皆無となる例があると聞いています。

大学では、指導できる教員不足、学生の費用負担、危険性などから、十分な野外実習が行われていません(横田, 2002)。また、卒論や修論で野外調査を選択する学生は、多くありません。

さらに、平成27年度には学部改組により、地質系学科が他学科と統合される大学が何校もあり、野外教育が維持されるか不明な状況にあります。

また、近年は教員の業績審査が厳しくなっており、論文数が客観的評価の物差しとなっています。そのため、1編仕上げるのに手間ひまのかかる野外調査を主体とした論文ではなく、安易に短期間で書ける分析・解析などの室内ワーク中心の論文が多くなります。結果として、野外調査を中心とした研究教育が軽視されることになり、学生も3K要素の強い野外調査を避ける傾向があります。

産業技術総合研究所・地質調査総合センター(以下産総研という)の地質文献データベースに新規登録される論文のうち、地質図付のものは2%に満たないとのこと(岩松, 2002, 岩松, 2007)。

また、近年大学に入学してくる学生の学科選びは、職業選びの第一歩ではありません。言い換えれば、地質系の学部学科を卒業しても、就職先は地質とは無縁の業界に就職するということです。特に学部卒の学生は、就職先を職業・業種でなく地域で選択する傾向にあり、〇〇地域・地方に就職できるのであれば、職業は何でも良いという意識だそうです。

このような現状を鑑みると、数年後には大学からは、地表地質踏査ができ、地質図を読み書きできる学生は、皆無とは言いませんが、ほとんど輩出されなくなるということです。

### 4.3 高等学校での地学教育の現状

では、大学を目指す高校生の地学教育の現状はどうでしょうか。

高校地学教員については、毎年全国で5~6名が採用され、20名前後が定年退職を迎えており、減少の一途をたどっています(牧野, 2008)。また、全国の高校1年生の地学基礎の履修率は7.5%(木村ほか, 2013)で、高校地学教育は、壊滅的な状況にあります。

大学の理工系学部を目指す生徒は、受験に有利な物理と化学を選択することになり、文系学部を目指す学生が、地学を選択するのが一般的です(柴山, 2002)。そのため、地質系の学部学科に入学し

てくる学生は、高校時代にほとんどが地学を履修していないことになります。

このような悲惨な状況にある一方、2008年から参加している国際地学オリンピックでは、毎年メダルを獲得しており、2013年は金メダル1、銀メダル3の優秀な成績を収めています。また、日本地質学会地学教育委員会主催による「小さな Earth Scientis のつどい」(地学研究発表会)に参加する中学・高校も多数あります。朝日新聞社・テレビ朝日主催による「高校生科学技術チャレンジ」では、2013年に地学関係の発表が入賞し、先日は、静岡県立磐田南高校地学部の活躍が、新聞に報道されていました(写真-4)。



写真-4 2013年1月12日 朝日新聞

また、地学の場合は、生徒の興味・関心が選択の動機となっており、物理、化学、生物と比較して、受験を目的とせずに選択する生徒の比率が最も高い(林, 1996)とのこと。

このような地学に興味を持っている高校生たちが、将来「地質屋」に育つことを期待したいと思います。

## 5. 地表踏査技術の伝承に向けて

地質系の学部学科を卒業しても地質図を読み書きできない、地質関係の職業に就職する気がないという現在~近未来の状況を考えると、地表地質踏査技術の伝承や「地質屋」の育成をどうすべきかが、最重要課題になると思います。結論から言えば、大学から「地質屋」が輩出されないのであれば、自前で「地質屋」を養成するしかないということです。

### 5.1 誰に技術を伝承するのか

技術の伝承は、当然、企業内教育(OJT)を基本とします。といっても、林(2013)が指摘しているように、地質調査業界でも危険を伴う重労働

である地表地質踏査を敬遠する傾向があるのであれば、地表地質踏査を厭わない人材を採用・教育し、技術の伝承を行う必要があると思います。

地質系の学部学科を卒業したといっても、学部・大学院で地質に関する知識を習得した期間は、2～4年程度です。なかには、クリノメータの使い方も知らず、数単位の野外実習を経験した程度の学生もいます。地質系の学部学科を卒業しても、地質や野外調査に興味がないのであれば、自然（山岳）や地質に興味をもっている山岳部やワンダーフォーゲル部の出身者、化石・鉱物マニア、学生時代に地学を学ぶことができなかった潜在的な地学ファンなどを採用し、彼らに地表地質踏査技術を伝承する方が、有意義な気がします。

筆者は、20年以上前に南アルプスの現場で大学山岳部の学生を助手として雇い、ザイルで確保してもらいながら踏査を行った経験があります。筆者の登攀技術では行きつけない難所では、山岳部の学生にクリノメータの使用法を教え、走向・傾斜を測定する面を指示し、岩石試料を採取してもらいました。

この時以来、クリノメータを大学の実習で使用した程度の地質系の学生より、山岳部出身の学生を採用し、彼らに地表踏査技術を教えた方が、価値があるのではないかと考えている次第です。

## 5.2 社外研修 (off-JT) による技術の伝承

では、地質的素養がほとんどない人材への知識教育をどうするか、という問題があります。

これについては、高校地学の教科書・副読本を活用した講義を提案します。浜島書店発行の「最新図表地学」では、地球の内部、地震、火山、地殻変動、地表の変化と水の循環、地質調査、地球の歴史といった項目を学習するようになっており、クリノメータの使い方、地質図の作図方法なども網羅されています（写真-5）。

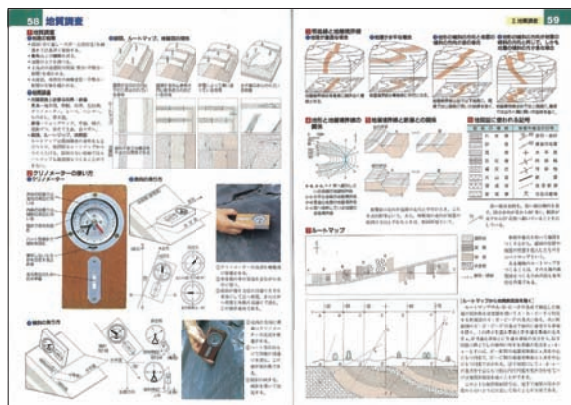


写真-5 高校教科書の例（浜島書店，1995）

このような初歩的な書籍をベースとして、大学や産総研などの退職者（客員研究員）を講師とした講義や、岩石鑑定、薄片鑑定、X線分析などの技術を身に着ける定常的なカリキュラムができれば、地表地質踏査に必要な最低限の知識は、短期間で習得できると思います。

また、地表地質踏査技術の研修については、2012年度から、日本地質学会が産総研との共催により、地質調査研修モデル事業を立ち上げています。産総研の地質研究者2名を講師として、企業の地質初心者5～6名を対象に、4泊5日の行程で野外地質調査技術の基礎を実地で学習し、地表地質踏査の基本技術の修得を目指すものです（写真-6，7）。



写真-6 ルートマップ作成風景（徳橋・納谷，2013）



写真-7 作成したルートマップ（徳橋・納谷，2013）

同様に日本地質学会関東支部では、学生・院生を対象として、地表踏査の基本的な訓練を行う5泊6日のフィールドキャンプを2013年度から再開しています。

「地質屋」育成のためには、民間に研修センターを作り、新入社員を再教育する（岩松，1996）という指摘がなされています。また、技術の伝承に



については、建設業界でも問題化しており、OJTによる教育が困難な状況を鑑み、既存の教育訓練施設を拡充し、新しい教育訓練体系を構築する必要性を訴えています（建設業振興基金、2013）。

現在行われている研修システムを母体として、産総研、業界・全地連、学会が協力し、地表地質踏査技術を伝承する定常的な教育訓練体系を早急に設立する必要性を強く感じています。

## 6. おわりに

一般の人は、地質調査は土木工事の一部という程度の認識しかありません。「地質屋」の育成には、長期的には、全地連で行っている「日本ってどんな国」シリーズ（写真-8）のような、地道に社会に「地質」を広める活動も必要であると思います。



写真-8 「日本ってどんな国」小冊子

また、最近はジオツアーなども盛んで、隠れた地質ファンも多くいます。彼らの影響でその子孫が地質に興味を持ってもらえると嬉しく思います。そんな活動を通じて、10年20年後に「地質屋」が育ってくれることを期待したいと思います。

とはいえ、「地質屋」育成の問題はすぐそこまで来ています。筆者の提案するような専門外の学生の採用・教育は、すでに一部の会社で行われていました。

地方の建設コンサルタント会社が、土木以外の学科からの採用に方針転換し、経済学部出身者を2名採用し、測量および設計技術者として教育している（初田、2013）とのこと。また、物理探査の専門会社では、山岳雑誌に職員募集の広告を載せ、採用した実績があると聞いています。

地質系職員募集！採用条件「学部・学科問わず、山登り、化石・鉱物採取が好きな方、山岳部・ワンダーフォーゲル部出身者大歓迎！」。このような日が来てしまうのではないのでしょうか。美術大の山岳部なら、スケッチも上手かもしれません。

## 〈引用文献〉

- 1) 浜島書店：最新図表地学，p144，1995.
- 2) 初田浩也：若者対策に必要な発想の転換，日経コンストラクション，pp89，2013.12.9.
- 3) 林 浩幸：地表地質踏査技術の基礎，地質と調査，pp47-52，第2号，2013.
- 4) 林 慶一：大学入試における地学の扱われ方の現状と問題点，地学雑誌，pp723-727，第6号，第105巻，1996.
- 5) 池田俊雄・岡田勝也・池田研一・長谷川達也：活断層調査から耐震設計まで，鹿島出版会，p 203，2000.
- 6) 岩松 暉：大学学部における地学教育の危機的状況と打開策，地学雑誌，pp730-739，第6号，第105巻，1996.
- 7) 岩松 暉：教育の危機と“地質学の危機”，地質と調査，pp2-7，第1号，2002.
- 8) 岩松 暉：青年には夢を，子どもには自然を，地質と調査，pp1，第3号，2007.
- 9) 環境省熱中症予防情報：http://www.wbgt.env.go.jp/
- 10) 建設業振興基金：建設産業の人材確保・育成方針一連携強化による効果的な教育訓練体系の構築についての提言—最終報告，p15，2013.  
http://www.kensetsu-kikin.or.jp/file/jinzaisaisyuhoukoku.pdf
- 11) 木村 淳・栗田 敬・久利美和・倉本 圭・はしもとじょーじ：「第2回惑星科学最前線セミナー」開催報告，日本惑星科学会誌，pp44-47，第1号，第22巻，2013.
- 12) 町田 洋・新井房夫編：新編火山灰アトラス，東京大学出版会，p336，2003.
- 13) 牧野泰彦：会長就任にあたって，2008.7.18，日本地学教育学会ホームページ。  
http://www.age.ac/~chigakuk/president.html
- 14) 大橋聖和：地質調査中のトラブル体験記と危険回避術（前編），日本地質学会 News，pp38-39，第11号，第13巻，2010a.  
http://www.geosociety.jp/faq/content0257.html  
大橋聖和：地質調査中のトラブル体験記と危険回避術（後編），日本地質学会 News，pp17-18，第12号，第13巻，2010b.  
http://www.geosociety.jp/faq/content0260.html
- 15) 柴山元彦：高等学校における地学教育の現状，地質と調査，pp31-35，第1号，2002.
- 16) 徳橋秀一・納谷友規：2013年度秋季地質調査研修の実施報告，日本地質学会 News，pp7-8，第12号，第16巻，2013.  
http://www.geosociety.jp/engineer/content0034.html
- 17) 上田正人：地表地質踏査の原点～過去から現在へ～，地質と調査，pp53-58，第4号，2013.
- 18) 横田修一郎：地質技術者教育からみた理学部の学部・学科改組，地質と調査，pp13-16，第1号，2002.
- 19) 横山俊治：地表地質踏査技術の伝承，地質と調査，pp19-22，第3号，2007.

# 島尻層群泥岩受け盤破碎帯の地すべり解析 及び対策工設計

— 森川地すべり解析・対策工事を事例として —

しゅう あめい  
周 亜明\*

**K**  
ey Word

島尻層群泥岩与那原層, 受け盤破碎帯, 泥岩地すべり, 滑動機構, すべり面性状,  
グラウンドアンカー工, 極限周面摩擦抵抗

## 1. はじめに

沖縄本島中南部に分布する島尻層群泥岩与那原層は、新第三紀の脆性度の高い海成過圧密粘土で、小断層や乖離層理面等の構造的弱面が発達しているため、構造弱面をすべり面とする「流れ盤性」の泥岩地すべりを多く形成している<sup>1~4)</sup>。

宜保ら(2007)は、島尻層群泥岩地すべりの類型について、初生泥岩地すべり、準初生泥岩地すべり、再活動地すべり及びその他の4類型を区分し、本地域の地すべり機構と活動形態を理解するには重要な技術根拠を示した<sup>5, 6)</sup>。

一方、島尻層群泥岩受け盤破碎帯における地すべり事例は、ほとんど報道されない。また、一般に小断層面等の構造弱面をすべり面とする泥岩地すべりとは、異なった発生機構と滑動形態を示され、独特な形成経緯・素因を有する。

ここで、森川地すべりを事例に「受け盤構造」を滑動場とする島尻層群泥岩地すべり機構の解析を試み、すべり面性状及びすべり面下位の地盤性質を重要視した対策工設計を報告する。

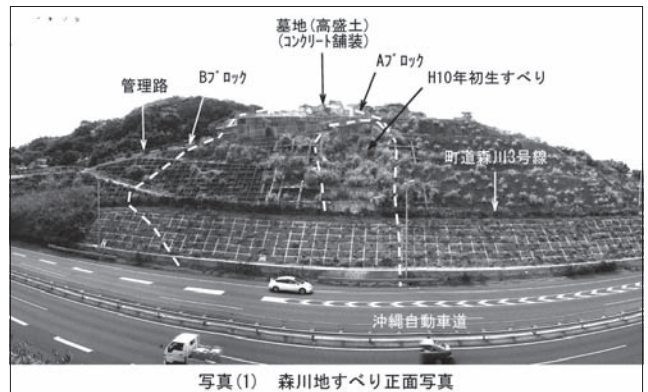
## 2. 森川地すべり活動経緯

調査地は、沖縄自動車道西原インターの東側にある北向き切土斜面に位置し、昭和62年高速道路建設のために大規模なオープンカット(高さ15m以上)により形成したのり面であり、モルタル吹付工と吹付枠工が施され、さらに平成元年頃頂上には高盛土擁壁による墓地が建設され、斜面全体がコンクリートに覆われていた(写真(1))。

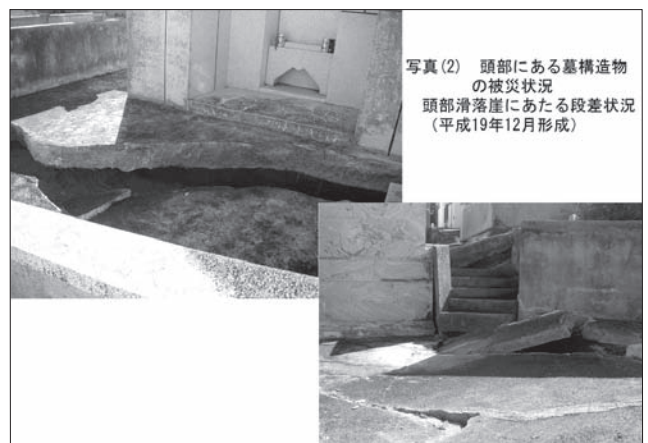
平成10年は、豪雨に伴ってコンクリート吹付のり面において幅10m×深さ1~4m程度の小規模崩壊性すべりが発生したため、抑止H形鋼杭工(杭

長=7~9m)と小型グラウンドアンカー工(全長7m, 定着長3m)で対策された。

平成10年~18年期間は、墓地、管理路、水路等のコンクリート構造物には亀裂や段差等が少しずつ形成・累積し、墓地平坦面の地表水が全量に密封式の斜面へ集水・浸入していた。



写真(1) 森川地すべり正面写真



写真(2) 頭部にある墓構造物の被災状況  
頭部滑落崖にあたる段差状況  
(平成19年12月形成)

\*株式会社沖縄土木設計コンサルタント 企画調査部長



平成19年8月11日集中降雨(194mm/day)により、頂上の墓構造物～高盛土擁壁～のり面吹付枠工～町道にかけてせん断亀裂・段差・隆起等の地すべり性変状が集中的に出現し、幅45m×長さ50mの中規模の地すべりブロックを形成した。同年12月は、連続降雨(182mm/19～25日)と集中降雨(118mm/21日)に伴って地すべりは激しく変動し、擁壁や墓構造物上の破断、断裂、滑落段差および引張亀裂群が急激に拡大する上に、既設H形鋼杭工と小型アンカー工が破壊され、機能喪失となった。滑動ブロックは切土のり面の最下段(高速道路)まで発達し、一方で右翼側は移動土塊末端部が町道脇を抜け、隆起変状を起こしていた(写真(2)～(6))。

森川地すべりの滑動形態は、以下の変動特徴を持っている。

- 頂上(高盛土擁壁・墓地構造物)から下方のり面へ発達し、累積性変状が明瞭である。
- 豪雨や長雨に伴って滑動を激化するが、通常の島尻泥岩地すべりの突発性・大移動性と違って緩慢な滑動形態が特徴的である。
- ブロック側壁に当たる巨大せん断亀裂より、地下水跡や降雨期の湧水現象が顕著であり、ブロック内にて地下水みちの形成が観られる。

### 3. 地すべり調査・動態観測

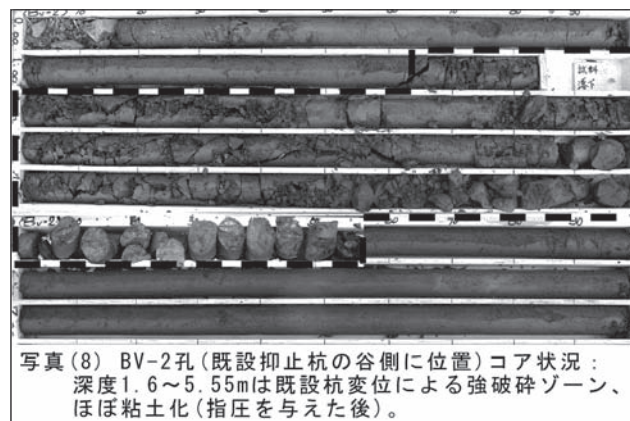
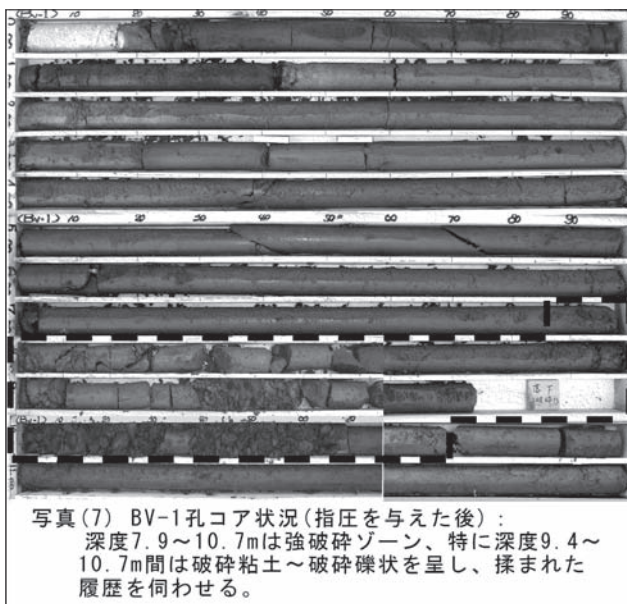
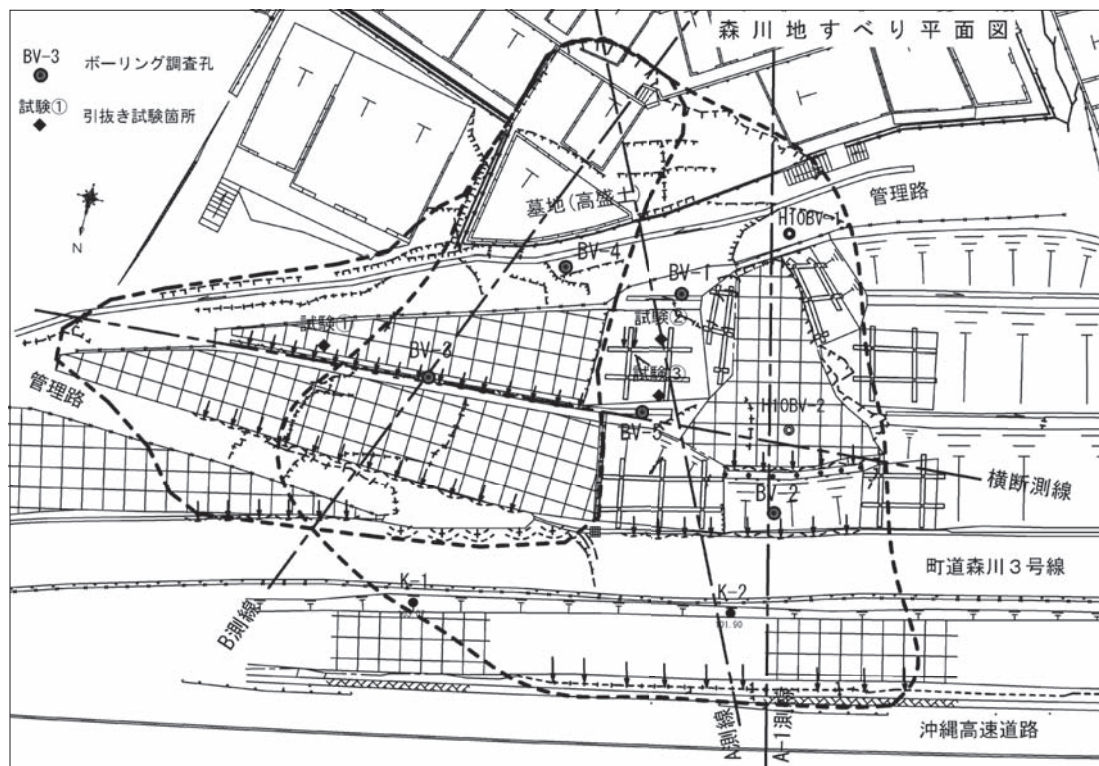
森川地すべりは、幅25～40m×長さ約45m、すべり面深さ5～11mのメインブロック(Aブロック)と幅15～35m×長さ約45m、すべり面深さ4～7mの副次的ブロック(Bブロック)からなり、異なった滑動方向を持っている(地すべり平面図)。

地すべり面位置・性状及び移動層土質工学的性質を把握するために、平面図に示した通り、A測線(解析主測線)とA-1測線(副測線)等を設けて機械ボーリング調査を計画・実施した。また地下水変動と地すべり滑動との時系列的関係を把握するため、パイプ歪計(BV-1, BV-2)と水位計(BV-3)を設置し継続観測を行っていた。

#### (1) すべり面性状

ここで主測線のBV-1孔とBV-2孔コアを中心にすべり面性状を考察してみよう。

- BV-1孔深さ7.90～10.7mとBV-2孔深さ1.6～5.6mのコアは、非常に脆弱で軽い指圧で破碎粘土～破碎岩礫の様相となり、地盤の破碎や粘土化が非常に顕著だった。平成10年同深さの調査結果(健全泥岩盤)に照らせば、本



地すべりにより既設抑止杭・アンカー工の受動地盤や定着部地盤には強破碎ゾーンが形成されたと判明した(写真(7)(8))。

- この強破碎ゾーンは、厚さ25~45mもあり、破碎岩礫~破碎粘土からなり、一部は空隙・空洞になっている。地すべり面は、強破碎ゾーンに介在した揉まれた高含水比の粘土薄層から構成され、地盤の破碎ピーク強度と残留強度が動員されることが推定される。
- 一方、既設抑止杭・アンカー工範囲においては、すべり面下位にはN値>50の弱破碎帯が分布している。

## (2) 動態観測結果

動態観測期間は、梅雨時期にあたり集中豪雨(166mm/day)と連続降雨(Σ377mm/3月11日~6月11日)を経験していた。パイプ歪計観測は、BV-1孔では、深度11m付近(コア判定による推定すべり面=深度10.7m)には降雨に呼応して大きな累積ひずみ変動が生じていた。また3月30日の集中豪雨によりひずみ量が4700μ発生し、その後、持続して累積していた。その変動は、累積降雨量と密接に関係し、また地表の地すべり性変状(引張亀裂、段差の拡大)と構造物の破壊拡大等の状況を反映した。

BV-2孔は既設抑止杭の前面に設置し、町道脇に位置する。その地中変動は、①抑止杭機能の喪失、②変動深さによっては地すべりブロックは高速道路まで発達すると意味する。地中ひずみは、既設杭の根部付近（深度4.0m）には降雨に伴って大きな累積ひずみ変動が生じていた。3月30日の集中豪雨に伴って生じたひずみ変動量は5000 $\mu$ に達しており、その後、降雨無き期間でも累積していた。これは既設杭が押し出されて地盤破壊に起因した歪み変動と判断される。

BV-3孔の孔内水位は、3月30日の集中降雨（166mm/day）に伴ってGL-6.16m→GL-3.03mまで3mほど急激に上昇し、同時にBV-1、BV-2孔のパイプ歪計にはひずみを約1000～5000 $\mu$ 急速に累積していたため、GL-3.03mは同孔の限界水位（滑動開始水位）とした。

**(3) 地すべり断面形状**

地すべり面勾配は、中央直線部（主要部）では30～38°、町道下方域では7～10°となっており、通常の鳥尻層群泥岩地すべりに比べてかなり急なすべり面勾配である。

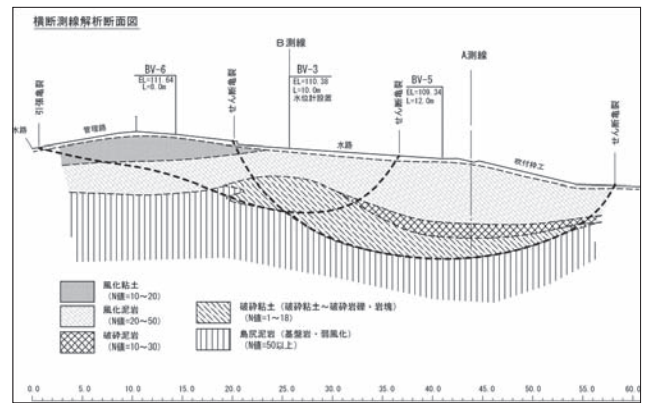
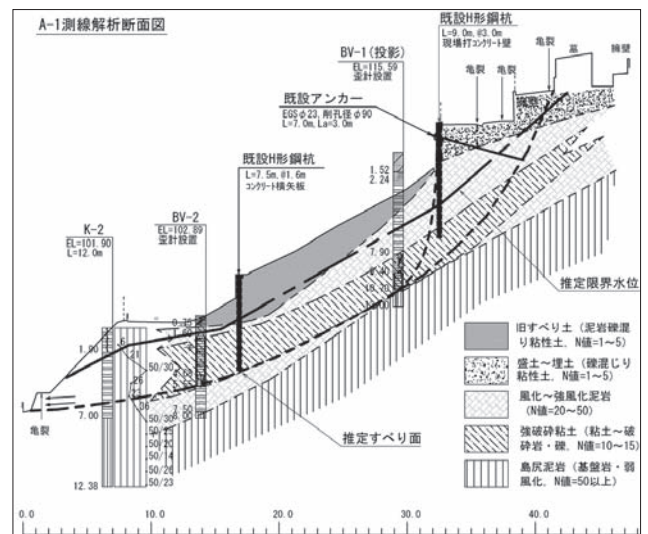
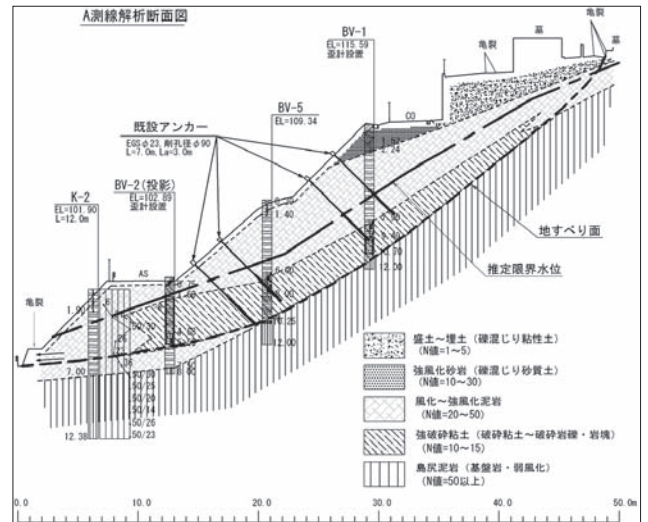
A-1 測線解析断面図は、平成10年度小規模崩壊性初生すべりの対策後の斜面形状を反映しながら、A 測線解析断面図（主測線）と同様、すべり面上位には特徴的に強破碎ゾーンが形成され、実施されたアンカー定着体や抑止H形鋼杭の変位により強破碎ゾーンに空洞・空隙を形成したものと推定される。また上方既設アンカー付擁壁と吹付コンクリート間は約20cmの開きが形成してあり、旧すべり土塊からなる2次すべりの可能性がある。なお既設の抑止杭と小型アンカー工などは、現すべり面より浅い土層を不動層（定着部）としているため、ほとんど機能していない。

一方、横断面図からメインブロックと副次的なBブロックとは広範囲で競合関係を示され、地すべりの地表変状とブロック形状や滑動方向を支配した移動層要因と考える。Aブロックは比較的深層すべりで、右翼側はBブロックの主要部を包有する。またすべり面とその上位部は特徴的に強破碎粘土ゾーンからなる。

**3. 地すべり発生機構**

平成10年の初生すべりは、大規模な切土による応力解放と地下水供給源の存在により発生したものと考えられる。

森川地すべりは、①応力解放による地下水浸透の促進と地盤強度の劣化の促進；②高擁壁（盛土）



の上載と背後地表水の集水及びブロック内への供給；③既設のり面保護工の密封式地表被覆による地下水位の保持等により誘発されたものと推定される。

**4. 対策工設計**

**(1) 地盤評価上の課題**

主要対策工法は、地盤条件や地形制限、また地すべり形態と滑動特性等を配慮して施工性・経済性・適応性等の面から比較検討した結果、「گران

「ウドアンカー工」が選定された。また豪雨や連続降雨による地下水位の上昇幅が3m以上にも達したことや密封式コンクリートのり面については、集水ボーリング工と枠内玉石中詰工（側壁の巨大亀裂部）を計画・実施した（写真（9））

島尻泥岩地すべりの抑止アンカー工対策においては、応力解放や破砕による地盤の劣化特性がアンカー体の極限周面摩擦抵抗値（ $\tau_u$ ）を大きく左右する。設計時は一般に計測N値をもって関係指針の推定値<sup>7)</sup>に準じて設定することが多いが、工事時引抜き試験で得られた $\tau_u$ 値は、設計値に満たさないことや工事の品質と構造物の機能に影響を与え、施工段階におけるアンカー規格等の設計変更の要因になった事例も度々あった<sup>8, 9)</sup>。

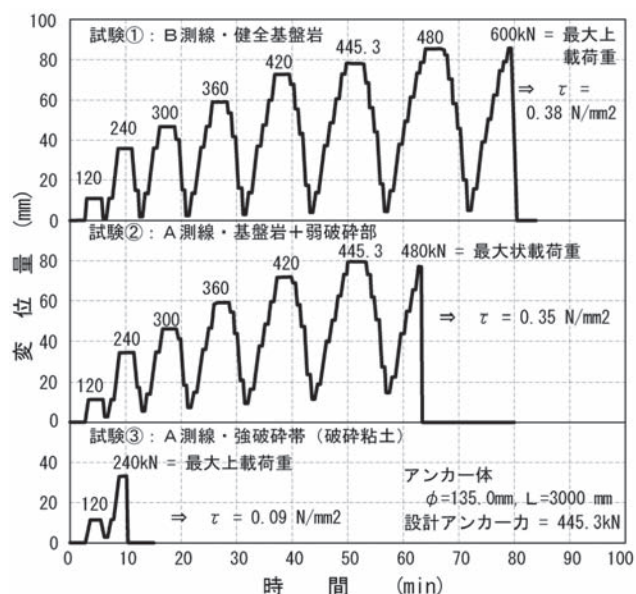
森川地すべりは、既設対策構造物（アンカー体や抑止杭等）の変位により、島尻層群泥岩受け盤内に破砕ゾーンを形成され、特にボーリング調査と動態観測結果を基に把握した地すべり面下位にはN値>50の弱破砕部を介在している。

このような地盤条件における抑止アンカー工の施工は、確実にアンカー体を良好地盤に設置するためには弱破砕部を含む地盤の極限周面摩擦抵抗を正確に評価することが重要な課題となる。

## (2) 地盤の極限周面摩擦抵抗の評価

本現場においては、破砕によるアンカー体定着への影響度合いを把握するために、工事に先立って「良好基盤岩」、「基盤岩+部分弱破砕帯」と「強破砕帯（破砕粘土）」に対してそれぞれ引抜き試験を計画・実施した。

変位量～荷重サイクル・時間との関係図に示したように、試験①（良好基盤岩）は、第7サイク



ル荷重（480kN）を保持し、第8サイクル最大荷重時頭部変位量に異常が見られ、荷重保持ができなくなった。また弾性・塑性変位グラフから、第7サイクル荷重までは、弾性・塑性変位とも異常は見られなかったため、第7サイクル荷重値を極限引抜き力として地盤 $\tau_u=0.38 \text{ N/mm}^2$ 以上と確認した。

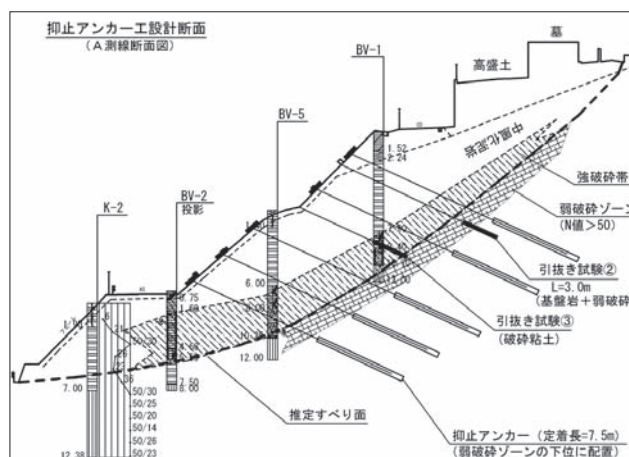
試験②は、弱破砕部0.8m+良好基盤岩2.2mに対しての引抜き試験である。第7サイクル荷重の載荷途中の430kN付近で頭部変位に異常が見られ荷重保持ができなくなった。また弾性・塑性変位グラフでは、第6サイクル荷重（445.3kN）の塑性変位は前サイクルまでの変位と若干異なっていた。従って、部分弱破砕部を含む地盤では、弱破砕による地盤の劣化が認められた。一方、強破砕帯においては、初期荷重と第1サイクル荷重後、早く引抜き破壊状態となった。

試験結果より以下の結論をまとめる。①良好基盤岩の極限周面摩擦抵抗 $\tau_u=0.38 \text{ N/mm}^2$ 以上があり、設計値を満たす。②強破砕帯（破砕粘土）では $\tau_u=0.09 \text{ N/mm}^2$ しか発揮されず、破砕による $\tau_u$ 値の低下が極めて顕著である。③N値の高い弱破砕部でも、 $\tau_u$ 値の低下が大きいことを確認されたため、N値をもって島尻層群泥岩受け盤 $\tau$ 値を評価できない場合がある。

## (3) 地盤条件を重要視した修正設計

引抜き試験の結果を踏まえて試験体造成時の掘削状況と調査ボーリングコア等を発注者・工事者と合同で検証した結果、すべり面下位には1.5m～2.0mほどの弱破砕部(N値>50)の介在を確認した。

既設対策構造物範囲においては、グラウンドアンカー工の確実性を高めるためにアンカー自由長を弱破砕部（N値>50）の以深まで延ばして、確実にアンカー体を良好地盤に設置するように修正設計を行った。



## 5. まとめ

森川地すべりは、大規模な切土によってのり面を形成してから、約10年間の応力解放を経験して初生すべりを起こし、さらに8、9年の変状累積を経て本地すべりの発生に至った。

受け盤構造を滑動場とする島尻泥岩地すべりの形成条件として、大規模切土による長期的応力解放があること、と豊富で且つ持続的な地下水供給源があることと考える。

この種の地すべりの滑動形態については、

- ①浅層すべりが先行する可能性がある。
- ②同じ地表変状が繰り返して発生・累積拡大する。
- ③激しい変動時期もあるが、基本的に緩慢型の地すべり滑動形態を示しながら急勾配の地すべり断面形状を有する。
- ④すべり面が強破碎粘土～泥岩破碎礫からなり、破碎による地盤の強度劣化が地すべり発達と滑動形態の形成主因と考える。

また島尻層群泥岩地盤の極限周面摩擦抵抗については、いまだに解明していないところが多い。受け盤構造を滑動場とする島尻層群泥岩地すべり面下位にも破碎ゾーンが存在することがある。

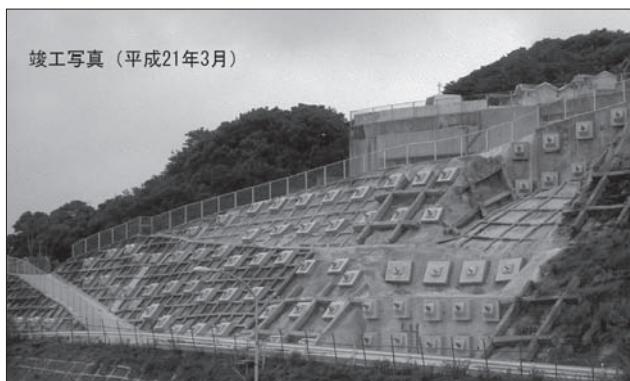
今回、受け盤破碎帯地盤での抑止アンカー工事にあたっては、引抜き試験及びその解析成果を重

要視して正確に極限周面摩擦抵抗を評価した上で、確実にアンカー体を良好地盤に設置するために、修正設計を行い、抑止工の対策効果を確保した。

最後に、地すべり解析においてご指導を頂いた琉球大学教授 宜保清一先生、施工会社（株）京和土建の皆様に対して、感謝の意を申し上げます。

### 〈参考文献〉

- 1) 宜保清一・佐々木慶三・吉沢光三・伊田茂：沖縄、北丘ハイソ地内泥岩すべりに関する地質構造規制とすべり面強度パラメータの算定、1986、地すべり学会誌 23 (3)
- 2) 佐々木慶三・吉沢光三・宜保清一・江頭和彦：沖縄島尻層群地帯の地すべり—地質学的背景—、1990、地すべり学会誌 27 (2)
- 3) 周亜明・宜保清一・江頭和彦・翁長謙良・丸山健吉：沖縄、島尻層群地帯の地すべりに関する破碎泥岩と軟化泥岩の強度特性—浦添地すべりと山川地すべりの対比—、1996、地すべり学会誌 32 (4)
- 4) 木村匠・宜保清一・中村真也・佐々木慶三・周亜明：島尻層群泥岩地すべりの発生・再滑動に関する強度—沖縄、安里地すべりを事例として—、地すべり学会誌 47 (3)
- 5) 陳伝勝・宜保清一・佐々木慶三・中村真也：沖縄、島尻層群泥岩分布地域の地すべり類型区分の試み—地すべりの危険度評価に関連して—、2007、地すべり学会誌 43 (6)
- 6) 宜保清一・中村真也・木村匠・陳伝勝：沖縄、島尻層群泥岩分布地域における初生型地すべりの縦断面形状と発生場の特徴—地すべりの危険度評価に関連して—、2009、地すべり学会誌 46 (3)
- 7) (財)砂防・地すべり技術センター：SEEE 永久グラウンドアンカー工のり設計・施工マニュアル p.67, H16年8月
- 8) 柿原芳彦 他：島尻層群泥岩におけるグラウンドアンカー周面摩擦抵抗、2004、第17回沖縄地盤工学会研究発表会講演概要集
- 9) 川満一史 他：島尻層群と那原層泥岩におけるグラウンドアンカー設計に用いる地盤の極限周面摩擦抵抗について、2009、第48回日本地すべり学会研究発表会講演集



# 各地の博物館巡り

北海道足寄町

## 足寄動物化石博物館

～フォストリーあしよろ～



足寄動物化石博物館

### はじめに

道東自動車道の足寄インターチェンジを降りて足寄市街地方面に少し走ると、左手に石積みの門を持ったモダンな建物が見えてきます。そこが「足寄動物化石博物館」です。

足寄町では1976年に町内の茂螺湾川で東柱類第1標本（アショロア）が発見されたのを初めとして、1980年には続いて第2標本（ベヘモトプス）が発見され、また1981年以降は多くの鯨類化石が発見されています。

足寄動物化石博物館は、これらの海生哺乳類化石を中心に自然史資料を保管、研究し、公開、活用することを目的として1998年に開館しました。現在では年間18000人ほどが来館する人気の施設になっています。

### 常設展示：海に帰った哺乳類

展示室は大きく4つのゾーンに分けて展示がされています。

#### (1) 足寄動物化石群

エントランスホールから展示室に入ると、この博物館にとって最も重要な展示物が目に飛び込んできます。

主な展示物は東柱類足寄第1標本（アショロア）の産出状態を復元したレリーフやその復元骨格、第2標本（ベヘモトプス）の復元骨格等で、足寄での化石の発見や、その研究史に関するエピソードが展示がされています。



写真1 エントランス～足寄動物化石群の展示



写真2 アショロアの復元骨格

#### (2) デスモスチルス～謎の海岸生活者～

デスモスチルスはアショロアと同様に東柱類に分類される古生物です。東柱類は謎の多い奇獣として知られています。東柱類は文字通り柱を束ねたような臼歯の形状に特徴の有る古生物ですが、現生の哺乳類に同じタイプの歯を持つ哺乳類がないためその生態は長い間謎とされてきました。

このような背景から同一の化石標本を使用しても復元された骨格は、研究者によって大きく異なるものとなります。



このゾーンでは1933年に当時日本領であった樺太の気屯で発見された標本をもとにした3体の復元骨格が展示されています。1936年（長尾氏による）、1965年（亀井氏による）、1984年（犬塚氏による）の復元骨格が順番に並べられており、謎が多いデスマスチルスの研究の変遷を知るうえでも大変興味深い展示となっています。



写真3 同一標本による復元骨格

### (3) 海生哺乳類～ふたたび海へ～

クジラは陸上の四足動物が進化し、ふたたび海へ戻った生物であるといわれています。

このゾーンでは現生のクジラを含む8体の骨格標本が展示されており、クジラの進化について学べる展示となっています。



写真4 マッコウクジラ（現生）の骨格標本

### (4) 足寄で見る地球の歴史

このゾーンでは人類の歴史や地球の歴史（特に十勝地方の成り立ち）が学べるようにパネルや貝化石、海生哺乳類化石などが展示されています。



写真5 「十勝の海の時代」のパネルと化石

### フォストリー（化石工房）

展示室の隣には化石のクリーニング作業等を行うフォストリー（化石工房）が併設されています。また、化石のレプリカづくり、古生物模型づくり、ミニ発掘などの化石体験を楽しむ事ができます（有料）。



写真6 フォストリーでの化石体験

【株式会社ドーコン 山崎 淳】

### 足寄動物化石博物館までのアクセス



- 🚗 自家用車利用の場合**  
帯広から上士幌経由(1時間20分)  
池田経由(1時間30分)  
札幌から54時間  
北見から2時間  
**道東道足寄ICから53分**
- 🚌 バス利用の場合**  
JR池田駅から1時間  
JR帯広駅から2時間  
JR北見駅から3時間  
**バス停 足寄化石博物館下車 徒歩5分**

足寄動物化石博物館：北海道足寄町郊南1丁目

TEL：0156-25-9100

開館時間：午前9時30分～午後4時30分  
休館日：毎週火曜日、国民の祝日の場合はその翌日  
12月30日～1月6日休館

※ただし、ゴールデンウィーク、学校の夏休み期間中は特別開館します。お問い合わせください。

入館料：一般400円／小中学生・高校生  
満65歳以上200円  
※幼児および町内の小中学生が観覧する場合は無料です。

# 大地の恵み

## 静岡の水源地・安倍川の恵み

### 1. はじめに

静岡県静岡市内を流下する安倍川は、日本有数の急流であり、典型的な東海型河川である。

安倍川は静岡県と山梨県との県境付近に源を発し、静岡市内を南へ流下する延長およそ53kmの河川である。源流域には日本三大崩れの一つに数えられる「大谷崩」が存在するなど、活発な浸食作用が見られ、上流域を中心に土石流堆積地形が散見される。また、下流域には扇状地性の静岡平野が狭いながらも形成されている。

安倍川は下流域に古来より度重なる洪水被害をもたらしている。災害の歴史は古く、弥生時代の登呂遺跡集落は安倍川の氾濫により壊滅したと考えられている。江戸幕府を開いた大御所・徳川家康も安倍川の氾濫には悩まされており、駿府へ移った1606年頃から駿府城の拡張工事に伴い治水事業を行っている。この工事によってできた堤防が「薩摩土手」である。

安倍川の氾濫により大きな被害を被ってきた静岡平野であるが、現在静岡市の貴重な水源として年間を通じて安定した上水道の供給源となっている。

### 2. 扇状地表層地質

安倍川下流域の静岡平野の表層は、場所によりシルト層が狭在するものの、砂礫層が卓越して分布しており透水性がよい。また、砂礫は比較的密実であり、N値は高い傾向にある(図2-1)。

現在安倍川の河川敷でみられる円礫は、 $\phi = 200 \sim 500\text{mm}$ 前後のものが多く、礫種は砂岩・頁岩を主体として、チャートや石灰岩、塩基性火山岩等の多岐にわたる。これは、地下地質についても同様であるといえよう。

### 3. 静岡平野の湧水

静岡平野では各所で井戸が掘られており、井戸

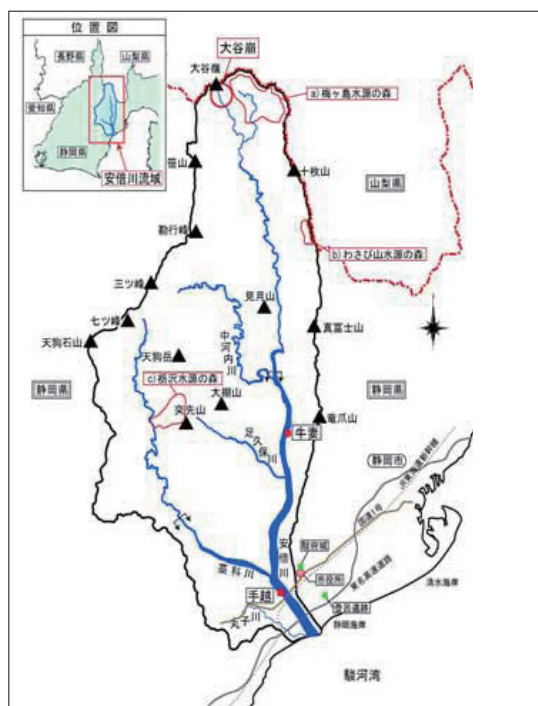


図 1-1 安倍川水系概要図<sup>1)</sup>

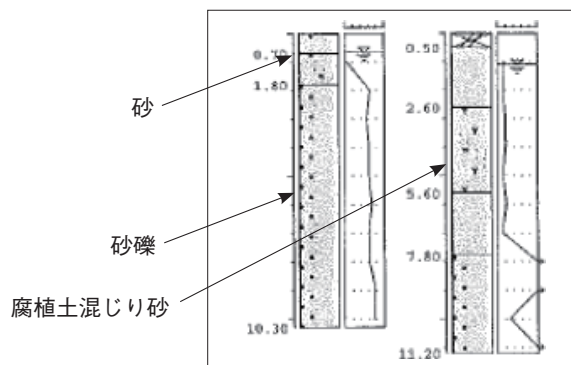


図 2-1 静岡平野の典型的な柱状図<sup>2)</sup>

は自噴井として利用されている。また、地名にもその名残が認められる。

河口に近い地域では、「西脇」「中島」周辺で自噴井が見られる。また、近傍からは浜川へ流れ込

む小河川が散見して見られ、これら地区には湧水帯が存在していると考えられる。

静岡駅南にはかつて自然湧水が見られたとの言い伝えが残っており、「泉町」の地名がその名残として見られる。

中島・西脇の自噴井は現在は一部がポンプで揚水されているものの、年間を通じて安定した水量と水温である。主に飲料水や洗濯等の生活用水として利用されている。



写真-1 西脇の自噴井。水量は安定している。



写真-2 中島井戸。現在はポンプで揚水している。

#### 4. 安倍川の恵み

近年安倍川では、渇水期には一部で水枯れ（瀬切れ）が見られることもある。しかし、静岡市では取水制限等の措置が取られたことはなく、伏流水・深井戸（50m以上）から安定した水質と水量が確保されている（清水地区を除く）。

また、前述の自噴井は渇水時期でもある程度の水量が得られていることから、安倍川流域では豊富な地下水が存在しているといえよう。

日本有数の急勾配河川であり、延長に対して大きな流域面積を有しているわけでもない安倍川が、下流の静岡平野で豊富な地下水を湛えている理由は不明である。しかし、清流・安倍川の恩恵を受ける我々は、大自然への感謝を決して忘れてはいけない。

世界文化遺産に登録された富士山観光に静岡市を訪れた際には、是非静岡の美味しい水を味わってください。

#### 〈引用文献〉

- 1) しずおか河川ナビゲーション, 静岡県  
(<http://www.shizuoka-kasen-navi.jp/html/abe/index.html>)
- 2) 静岡県地震対策基礎資料,p.137, 静岡県総務部地震対策課,1997
- 3) 井川怜欧・嶋田純・佐伯憲一・谷口真人: 静岡平野における地下水流動系, 地球科学 39,p.108,2005

[日本エルダルト株式会社 横山 賢治]



## 各地に残すべき

## 地形・地質

## 四国東部 吉野川沿いの地形・地質（徳島県）

四国地方の東部を流れる吉野川沿いの地形・地質について紹介します（図-1）。

吉野川は、高知県と愛媛県の県境に位置する瓶ヶ森（標高1896m）にその源流をもち、約194km続く流れの末、徳島平野から紀伊水道へと注いでいます。徳島県三好市池田町から下流では、概ね東方に流れ、その流路沿いに多くの河岸段丘や沖積低地が形成されています。

周辺の地質は、吉野川北岸において東西に延びる中央構造線を境に、北側には領家帯（上位に和泉層群が分布）が、南側には三波川変成帯が分布しています（図-2）。

四国東部において、中央構造線と並列して東西方向へ延びる吉野川中流～下流域の地形発達は、海水準変動とともに、この断層の活動も大きく関係していると考えられています。

## 地点1. 厚い堆積物が覆う徳島平野

吉野川河口付近に広がる徳島平野（図-3）に分布する未固結堆積物の層厚は、500m以上もあることが分かっています。約1万年前以降に堆積した沖積層の層厚は、その上部30～40m程度と比較的



図2 地質図（四国地質調査業協会 HP より）

薄く、その下位にはさらに厚い堆積物が分布していますが、詳しいことは分かっていないようです。

## 地点2. 吉野川中流域の広大な中洲（善入寺島）

東西約6km、南北約2kmの吉野川に浮かぶ広大な中洲があります。大正時代までは小学校や人家があり約3000人が暮らしていました。現在、人家は無く、肥沃な土を利用した農地が広がっています（図-4）。



図1 案内図（Google Earth より）



図3 吉野川河口付近に広がる徳島平野（眉山山頂より）



図4 吉野川の中流域の中洲（善入寺島）

### 地点3. 世界三大土柱：阿波の土柱（吉野川北岸）

吉野川北岸の丘陵地では、更新世前期（約130万年前）の吉野川の河川堆積物（土柱層）が、風雨によって柱状や尖塔状に浸食され、奇抜な風景をみることができます。1934年に国の天然記念物に指定されています（図-5）。



図5 阿波の土柱（徳島県阿波ナビ HP より）

### 地点4. 日本有数の地すべり地帯（吉野川南岸）

三波川変成岩を基盤とする吉野川南岸の斜面は、日本有数の破碎帯地すべり地として有名です。あちこちに点在するなだらかな斜面に、人家や畑、棚田を遠望することができます（図-6）。

### 地点5. 中央構造線2段の低角度断層（吉野川北岸）

丘陵地を構成する土柱層（未固結堆積物）の上に、



図6 吉野川南岸の地すべり地形（つるぎ町）

和泉層群（岩盤）が衝上している大露頭が土取場に現れました。さらに、その上方斜面にも、同様の低角度断層が認められます（図-7）。

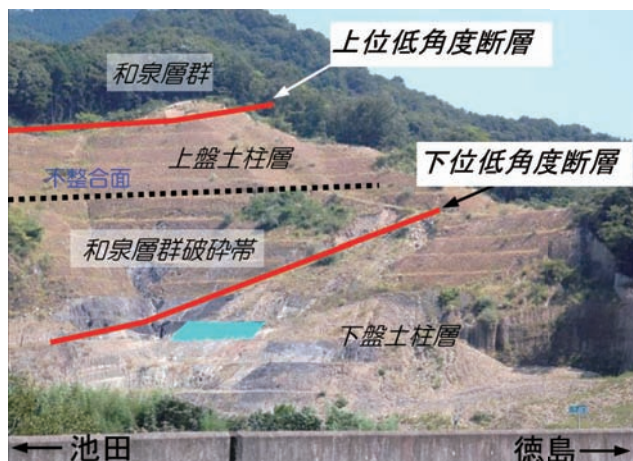


図7 土取場に出現した中央構造線2段の低角度断層

### 地点6. 吉野川流路の大屈曲（池田町）

吉野川は、三好市池田町でその流路を北から東方へと変化させています。その屈曲部付近を中央構造線が横断しています（図-8）。



図8 北から東方に流路を変える吉野川

ここで紹介した箇所は、吉野川北岸の丘陵地を東西に走る徳島自動車道からも、その広大な景観を眺めることができ、また、アプローチも容易であることから、気軽に訪れることができます。

[ニタコンサルタント株式会社 中野 浩]

## 地すべり防止のための 水抜きボーリングの実際

独立行政法人 土木研究所他 編著\*



**本**書は、土木研究所と民間企業8社により実施した共同研究「地すべり地における地下水排除ボーリング工の排水性能調査」で明らかとなった水抜きボーリングの施工計画、施工、維持管理のトラブルや工夫の実態を書籍として出版したものです。

本書で紹介されている水抜きボーリングの施工や保孔管に関する実態の多くは、一般社団法人全

国地質調査業協会連合会および一般社団法人斜面防災対策技術協会を通じ、地すべり対策の施工に従事された現場代理人やボーリングマシンのオペレータを対象としたアンケート調査結果<sup>1)</sup>を参考にして作成しました。

本書で対象としている読者は、地すべり対策に関わる発注者、調査設計者、現場管理者、オペレータなどの技術者です。本文の記述スタイルは、問いかけに対する回答(Q&A)形式であり、分かりやすい解説となるように、写真やイラスト・図をできるだけ多く用いました。また、より深い知識に興味がある読者に配慮して参考文献も記載しています。

本書を一読して頂くことによって、発注者、調査設計者、施工者の技術者が相互の知識を深めることで工事施工のトラブルを最小にとどめ、よりよく効率的に事業を進められることを期待しています。

### 〈参考文献〉

- 1) 独立行政法人土木研究所他(2013):地すべり地における地下水排除ボーリング工の排水性能調査共同研究報告書-地すべり地における横ボーリング工及び集水ボーリング工の実態に関するアンケート調査,独立行政法人土木研究所,整理番号第447号,96p.

- 株式会社鹿島出版会 (B5・127ページ)
- 2013年12月20日発行
- 定価:本体3,400円+税

\*独立行政法人土木研究所・株式会社アクア・コントロール・株式会社宇部建設コンサルタント・株式会社エスイー・鹿島建設株式会社・鉦研工業株式会社・株式会社東建ジオテック・日本基礎技術株式会社・フリー工業株式会社

## 特別 寄稿

# 土木広報アクションプラン 「伝える」から「伝わる」へ

おの  
小野 かよこ\*

K  
ey Word

土木界に身を置く一人ひとりが広報パーソンに！

## 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、東北地方を中心に甚大な被害をもたらした未曾有の大災害となった。3年経った今も懸命な復興が続いている。発災直後、国土交通省東北地方整備局は地元建設業者との連携によりいち早く道路や港湾の啓開を行い、人命救助や支援物資の早期輸送を可能とし、産業の早期復旧のための生命線を確保した。土木界ではその活躍ぶりは高く評価されることとなったが、一方で自衛隊・消防隊・警察などの活躍はテレビ・新聞等マスコミで広く紹介され、国民の支持を受け、また印象にも残っている。被災地において自衛隊他が活躍したことは事実であるが、社会に知らしめた「広報戦略」があったこともまた事実であろう。そこで土木広報の戦略をテーマに2012年8月、土木学会社会コミュニケーション委員会【委員長：野崎秀則（株）オリエンタルコンサルタンツ代表取締役社長】の下に土木広報アクションプラン小委員会【委員長：大石久和（一財）国土技術研究センター国土政策研究所長】を設置し、検討を開始した。そして2013年3月6

日に中間報告、8月6日には「土木広報アクションプラン最終報告書『伝える』から『伝わる』へ」（以下、報告書）を公表した。

報告書は150頁を超えるボリュームとなっており、本稿ではエッセンスを紹介する。

## 2. 一人ひとりが広報パーソン

報告書の作成にあたり、自衛隊をはじめ幾つかの異業種企業、広報のプロである広告会社、積極的に土木の情報を発信している有識者にヒアリングを行った。その中で深い印象を残したのが「隊員一人ひとりが広報パーソンである」という意識が徹底された自衛隊である。

土木界では長年、「縁の下の力持ち」、「沈黙は金」という意識が強く、まじめに取り組んでさえいればいつかは社会が理解してくれるという思いが、今日の状況を作り出しているのではないかと気づかされる。土木学会前会長の小野武彦氏は、『土木学会誌』2013年4月号で「もの言わぬ土木技術者、もの言う土木技術者」と題して以下のように述べている。「今の時代、私たちの果たしてきた役



写真-1 太田国土交通大臣に中間報告書を報告（2013年3月5日）

\*鹿島建設（株）土木管理本部土木企画部プレゼンテーショングループ長

割に誇りを持ち、健全な建設産業を目指すために何を為すべきかと自問したとき、土木技術者の本当の姿を多くの人に理解していただくと共に、黙々と真摯に職務を全うしてくれている多くの皆さんに応えるために、まずは、もの言わぬ土木技術者から訣別し、もの言う土木技術者にならねばと思うのです。皆さんにも、ここぞという時には、もの言う土木技術者になっていただきたいと思いません。」

広報は決して「ついでの仕事」でも「プラスアルファの業務」でもなく、本業の一つであることが共通の理解となるようまずは、我々が意識改革を行う必要がある。

### 3. アクションプラン 33

小委員会発足時から「きれいな報告書をまとめるのが我々の役割ではない。実行に移せるものでなければ意味がない」という認識のもと議論してきた。報告書では33のアクションプランを提案しているが、そのうち以下の10のプランをファースト・スタート・プランとして位置づけ、優先的に取り組むことを提案している。

- (1) 土木界関係者への広報研修の実施
- (2) 土木界内の広報に関する情報提供
- (3) 最高広報責任者の明示
- (4) マスメディアにおいて土木に関する誤解や思い込み、不正確な情報に基づく発信があった場合、正確な情報を提供する
- (5) 災害時の広報体制の確立
- (6) 学校の図書館に所蔵できる土木図書の作成
- (7) 教育指導者向けの学習会の開催や教材の開発
- (8) 国語辞典における土木の意味と用例の提案・普及
- (9) 観光と一体となった工事現場見学ツアーの企画
- (10) 土木共通のシンボルマーク・シンボルロゴ・ゆるキャラの制定

### 4. 土木広報の新たな取り組み

報告書の作成、発表を機に、アクションプランのいくつかが既に動き出している。その一つが、関東地方整備局・旅行代理店・NEXCO 東日本・ゼネコン各社等の協力を得て、今しか見ることのできない工事現場を見学する有料ツアーである。第一回は、2013年8月24日(土)「夏休み！親子で学べる道づくり」と題して、東京外かく環状道路千葉県区間を見学し、コンクリートでミニチュアグッズづくりや重機乗車を体験するなど盛りだく

さんのイベントを行った。

第二回は、12月14日(土)に開催した「大人のための学べるツアー」で、贯通したばかりでまだ施工中の東京港トンネルを歩いて渡る現場見学と東京大学教授の講演を組み合わせた。どちらも有料にもかかわらず40名の募集枠は一瞬にして完売し、我々土木界に身を置く者が思うより、土木に対する世の中の関心が高いことに気づくこととなった。それは参加者からのアンケート結果にも表れている。また第二回には、建設業界紙だけでなく民放テレビ局からも取材班が同行し、当日の夕方のニュースや翌朝の情報番組内で時間をさいて紹介された。

このほか北海道開発局や九州地方整備局でも同様な現場ツアーが企画され、全国的に広がる動きが出てきている。



写真-2 コンクリートを真剣に練混ぜる子供たち

### 5. おわりに

広報とは、「正しい情報」を、「適切なタイミング」で、「適切な量を打ち出すこと」がポイントである。広報活動は、一見華やかなイメージがあるが、実は地味で地道な取り組みそのものであり、土木界が発信する情報が一般市民に届くには、発信し続けることが重要である。その情報が届いた時、人々の暮らしに寄り添い「安全」と「安心」を提供し続けているのは「土木」であることが伝わり、理解してもらえるのであろう。

本報告書が土木広報活性化の一助になっていることは嬉しい限りであるが、これは土木広報の新しいスタート地点に立ったに過ぎない。「土木界に身を置く人全てが広報パーソン」という意識が根付くことを願って、土木学会として引き続き土木広報の取り組みについてフォローアップしていく。

- 土木学会ホームページから報告書のダウンロード可能  
<http://committees.jsce.or.jp/publicity01/node/29>



---

# 会 告

---

## 平成 26 年度 全地連資格検定試験の実施概要 【地質調査技士・地質情報管理士・応用地形判読士】

全地連の資格検定試験（地質調査技士，地質情報管理士，応用地形判読士）は，平成 26 年 7 月 12 日（土）に全国 10 会場で実施いたします。

受験の手引きや願書は，4 月 10 日（木）に全地連のホームページに掲載いたします。

○資格検定試験 実施概要（3つの資格検定試験は，同日程・同会場で実施いたします）

試験日：平成 26 年 7 月 12 日（土）

申込期間：平成 26 年 4 月 10 日（木）～ 5 月 12 日（月）

試験会場：全国 10 会場

（予定）札幌、仙台、新潟、東京、名古屋、大阪、広島、高松、福岡、沖縄

申込方法：受験手引きや受験願書は，全地連のホームページからダウンロードし入手してください。

地質技術者や営業・技術責任者の皆さまにおかれましては，後述する国の資格活用に関する動向をご賢察の上，資格取得や資格保有者の確保・増員にむけてご対応ください。

---

## 国における資格制度の活用動向と全地連資格制度の PR 活動状況について

現在，国では，「公共工事の品質確保の促進に関する法律」（品確法）の改正作業を進めており，調査及び設計の品質確保に向けて資格制度の活用等を規定に追加する予定です。また，国土交通省においては，品確法の改正に対応するため，資格制度の活用を含めた発注要件の見直しについて検討を進めております。




▶▶▶ <http://www.waki-m.jp/column/20131220-001.pdf>

「公共工事の品質確保の促進に関する法律」の改正の方向性（案）

全地連では，発注機関における「全地連資格制度」の活用機会拡大に向けて様々な活動を展開してまいりましたが，現在では，前述の国等の動向も踏まえ，次ページに示す陳情活動を進めております。

## 「全地連資格制度」の活用促進に関する活動について

全地連が運営する3つの資格制度の概要と現在実施中の資格活用に関する活動について紹介します。

	地質調査技士	地質情報管理士	応用地形判読士
資格制度			
制度発足	昭和41年	平成18年	平成24年
趣旨	<p>地質調査の成果は、後の解析や設計を通して将来の施工に係る品質やコストを大きく左右するものであり、この段階での技術的信頼が地質調査業務の根幹をなすものといえる。</p> <p>そこで、地質調査業務従事者の育成・技術力向上等を目的に資格試験制度を発足。</p> <p>現場作業や土質判定など、地質調査業務全般の品質向上に貢献</p>	<p>地質情報の活用は、地質調査の精度向上に寄与するものであり、国土が狭く脆弱な地質からなる日本の場合、地質情報の積極的活用は意義が大きいといえる。</p> <p>そこで、地質情報の適切な電子化と、その有効な活用の技術を兼ね備えた技術者の育成・技術向上等を目的に資格制度を発足。</p> <p>地質調査業務工程の出口部分(電子納品等)の品質向上をはじめ、地質情報の二次利用を通じた新たな事業展開に貢献</p>	<p>地形判読の活用は、地質調査の精度向上に寄与するばかりでなく、建設事業の計画・立案から維持管理までの各段階に貴重な土地情報となる。</p> <p>そこで、正確かつ精度の高い地形判読能力を有すると共に、地質リスクを判断できる応用能力を有する技術者の育成・技術向上等を目的に資格制度を発足。</p> <p>プロジェクト初期段階での利活用をはじめ、調査-設計-施工-維持管理計画、防災計画や災害査定などの業務実施に貢献</p>
業界戦略	<p>●地質調査専門業者の活用促進活動のための基本資格</p>	<p>●成果品の生成の部分(業務の出口)を地質情報管理士で品質確保することにより、地盤情報の有効活用(2次利用)に繋がる。</p>	<p>●地形と地質(地質調査技士)に関する資格制度により地質調査業務に付加価値が生まれ、新しい領域拡大に繋がる。</p> <p>●関係機関(国土交通省、(独)土木研究所等)に認知されている資格である。</p>
<b>国土交通省との連携</b>			
活動(1)	<p>①国土交通省建設市場整備課が主導している「建設関連業検討会」フォローアップ活動の一環として、地方自治体へ資格者活用についてのPR活動を実施している。</p> <p>②「公共工事の品質確保の促進に関する法律」の改定作業が実施されているが、本法律の品質確保の促進に関する条項で資格制度の活用について明示されており、この枠組みで資格者の活用が明記されるよう調整中である。</p> <p>③地質情報管理士資格者を地質調査業者登録制度の要件の1つ(仮称:電子納品管理者)に加える必要性について提案し、検討を継続中である。</p>		
<b>「ボーリング柱状図作成要領(案)」の改定作業との連携</b> (改定作業委員会の事務局は、全地連が担当。平成27年度に公表予定。)			
活動(2)	<p>①ボーリング責任者欄に地質調査技士の登録番号を記載するように見直す。</p>	<p>②品質確保の観点から、地質情報管理士と応用地形判読士の活用方法について解説を加える。</p>	
<b>その他の活動</b>			
活動(3)	<p>①国の資格制度の活用の動きに連動して、制度内容の見直しを平成26年度に実施する。</p>	<p>①一般財団法人建設業振興基金の助成事業として平成26年度に以下の資料を作成して、地方自治体の担当者に配布し、PR活動を展開する予定である。</p> <p>・地盤情報の電子納品ガイドブック</p> <p>・CIM対応ガイドブック</p>	<p>①全地連が実施している「道路防災点検講習会」の受講者に対して、関係機関の了解を得て、推奨資格として紹介している。</p> <p>②関係機関による国土交通省本省への資格者活用に対するPR活動が継続して実施されている。</p>

# 平成 26 年度 道路防災点検技術講習会 開催案内

平成 26 年度「道路防災点検技術講習会」を下記のとおり開催いたします。

本講習会は、最近の災害事例を紹介するとともに、①『点検要領(平成 18 年 9 月 29 日付け事務連絡資料)』の改訂点、②点検箇所抽出方法、③具体的な着目点などをわかりやすく解説することを目的としております。

講習会の詳細や参加申込書は、全地連のホームページをご覧ください。

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

## 【道路防災点検技術講習会 開催概要】

### ■開催日／開催場所：

- 東京：平成 26 年 6 月 13 日（金）連合会館 大会議室
- 札幌：平成 26 年 7 月 25 日（金）札幌サンプラザ 金枝の間
- 岡山：平成 26 年 9 月 5 日（金）ピュアリティまきび 孔雀
- 大阪：平成 26 年 10 月 10 日（金）天満研修センター 大ホール
- 松山：平成 26 年 10 月 24 日（金）テクノプラザ愛媛 テクノホール
- 福岡：平成 26 年 11 月 14 日（金）福岡県中小企業振興センター 多目的大ホール

■主催：一般社団法人 全国地質調査業協会連合会

■後援：独立行政法人 土木研究所

■協賛：一般財団法人 経済調査会

■参加費（テキスト代、税込み）

会員 7,200 円 ※会員対象：全地連会員企業の職員、地質調査技士、地質情報管理士、  
応用地形判読士・判読士補・マスター、官公庁の職員

一般 8,200 円

\* 本講習会は、ジオ・スクーリングネットを運営する“土質・地質技術者生涯学習協議会”が  
開催を確認しており、CPD の加点対象となっております（加点ポイント：6）。

### ◎プログラム（予定）

9:30～9:35	開会挨拶
9:35～10:55	点検の有効性と災害の低減に向けて
10:55～11:40	道路防災点検要領（H18）の概要
12:40～14:40	安定度調査における点検の着目点
14:50～16:20	安定度調査表作成演習（事例研究）
16:20～16:40	防災点検結果入力プログラム
16:40～	閉会

### ◎テキスト

講習会テキストには、「道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪等）」（平成 23 年 10 月）を使用します。このテキストは、（財）道路保全技術センターが平成 21 年 5 月に作成した同名の手引きを、再編集したものです。

### ◎主な受講対象者

- 『点検要領（平成 18 年 9 月）』の改訂内容を習得されたい方
- 新たに道路の維持管理を担当される官公庁の職員の方
- 新たに道路防災点検業務に携わる技術者の方
- 災害事例などについて新たな知見を広めたい方 など

# “全地連「技術フォーラム 2014」秋田” 技術発表募集について

第 25 回 “全地連「技術フォーラム」” を秋田市で開催いたします。  
一般参加者の申込み受付は、6 月下旬より全地連のホームページでご案内する予定です。

## 【開催概要】

- 主 催 一般社団法人全国地質調査業協会連合会
- 共 幹 東北地質調査業協会
- 後 援 国土交通省東北地方整備局，秋田県，秋田市
- 協 賛 独立行政法人土木研究所，日本情報地質学会，NPO 地質情報整備活用機構，  
一般社団法人日本応用地質学会，地質リスク学会
- 開催日程 平成 26 年 9 月 18 日（木）～9 月 19 日（金） 2 日間
- 開催場所 秋田キャッスルホテル（秋田市中通 1-3-5）
- 行事予定
  - ・特別講演会
  - ・技術発表会（一般セッション，オペレーターセッション）
  - ・技術者交流懇親会
  - ・展示会

# 平成25年度 地質調査業務事業量 668億円

全地連の受注動向調査結果（平成25年度第三四半期（4月～12月））は668億円となり、対前年比で114%となりました。

地域別では、受注規模が関東、東北、九州の順に大きく、昨年度と同様の傾向です。対前年比では、中国が162%と最も大きな伸び率となり、続いて北陸、四国の順に伸びています。

発注機関別では、国土交通省が全体の約18%を占めています。対前年比では、農林水産省が161%と最も大きな伸び率となり、これは他の発注機関と比べて顕著な伸び率といえます。

受注動向調査対前年比較表(4月～12月)

1. 月別発注動向 (社)全国地質調査業協会連合会

月別	平成24年度		平成25年度		対前年比(%)	
	件数	金額 千円	件数	金額 千円	件数	金額
4月	2,506	6,794,530	2,246	9,087,987	89.6	133.8
5月	2,654	6,587,331	2,355	7,674,750	88.7	116.5
6月	2,508	6,567,179	2,316	8,856,210	92.3	134.9
7月	2,547	7,200,212	2,458	9,533,189	96.5	132.4
8月	2,185	6,866,474	2,072	7,413,645	94.8	108.0
9月	2,259	6,391,616	2,111	8,127,435	93.4	127.2
10月	2,322	6,829,685	2,087	6,466,824	89.9	94.7
11月	2,239	6,007,176	1,993	5,554,972	89.0	92.5
12月	1,984	5,471,559	1,677	4,110,533	84.5	75.1
計	21,204	58,715,762	19,315	66,825,545	91.1	113.8

2. 地域別発注動向

地域別	平成24年度		平成25年度		対前年比(%)	
	件数	金額 千円	件数	金額 千円	件数	金額
北海道	1,419	5,703,733	1,243	6,034,138	87.6	105.8
東北	2,309	9,045,183	2,020	8,994,115	87.5	99.4
北陸	1,783	4,608,313	1,637	6,965,571	91.8	151.2
関東	5,774	13,378,720	5,309	15,025,085	91.9	112.3
中部	2,223	4,641,902	2,327	5,793,294	104.7	124.8
関西	1,933	6,698,727	1,814	5,940,979	93.8	88.7
中国	2,271	3,706,921	1,780	6,024,097	78.4	162.5
四国	1,093	3,568,256	1,103	4,492,072	100.9	125.9
九州	2,298	7,054,682	2,008	7,373,621	87.4	104.5
沖縄県	101	309,325	74	182,573	73.3	59.0
計	21,204	58,715,762	19,315	66,825,545	91.1	113.8

3. 発注機関別発注動向

発注者別	平成24年度		平成25年度		対前年比(%)	
	件数	金額 千円	件数	金額 千円	件数	金額
国等の機関						
国交省(建設)	957	9,328,094	817	11,857,280	85.4	127.1
農林水産省	108	1,002,629	122	1,610,124	113.0	160.6
国交省(運輸)	101	1,327,075	101	1,490,205	100.0	112.3
(旧)鉄建公団	33	636,200	23	381,873	69.7	60.0
(旧)道路公団	80	833,064	56	664,876	70.0	79.8
(旧)都市基盤	35	294,846	17	125,038	48.6	42.4
その他	389	2,757,671	353	2,493,668	90.7	90.4
小計	1,703	16,179,579	1,489	18,623,064	87.4	115.1
地方公共団体	4,965	21,577,742	4,823	22,727,647	97.1	105.3
民間	14,536	20,958,441	13,003	25,474,834	89.5	121.5
計	21,204	58,715,762	19,315	66,825,545	91.1	113.8

4. その他

項目	件数	金額 千円	件数	金額 千円
海外	12	59,939	5	36,101
土壌地下水汚染調査契約金額	1,676	21,987,782	1,464	1,954,803

調査対象企業 150社

# 平成 26 年度研修「地質調査」 開催案内

毎年、多くの発注機関の方や地質技術者にご参加を頂いております本研修につきまして、平成 26 年度は下記のとおり開催いたします。

本研修では、地質調査の手法や解析、評価手法のほか、調査計画や積算手法などについて、専門家の講義により最新の知識、技術の修得を図ることを目的としています。

特に、「地質リスクマネジメント」の講義では、地質にかかわる事業リスクについて事例を交えて解説するほか、「地質調査業務発注のポイント」の講義では、積算手法の解説をはじめ、業者選定や資格制度の活用など業務発注の段階で参考となる内容を紹介します。

なお、本研修は、発注機関の方が参加される割合が全体の 1 / 3 ～半分程度と大きく、参加者からは相互交流、情報交換の貴重な機会としても大変好評をいただいております。

皆様のご参加をお待ちしております。

## 平成 26 年度研修 「地質調査」実施要領 —地盤に関わる諸問題解決の知識と留意点について—

- 共 催 一般財団法人 全国建設研修センター  
一般社団法人 全国地質調査業協会連合会
- 後 援 国土交通省  
全国知事会・全国市長会・全国町村会

1. 目 的 地盤、地下水、基礎構造物などの検討に必要な地質調査に係わる計画、調査手法において、環境、防災、リスク管理の視点を採り入れながら、建設事業のトータルコストを下げる地質調査についての最新の知識、技術を短期間で体系的に修得する。  
また、共同生活による相互啓発、相互交流、情報交換を通じて職場における業務の推進に資するものとする。
2. 対象職員 国、地方公共団体及び民間企業等において建設事業に携わる者
3. 募集人数 40 名
4. 研修期間 平成 26 年 5 月 14 日（水）～平成 26 年 5 月 16 日（金） 3 日間
5. 教 科 目 （時間割を参照）
6. 研修場所 一般財団法人 全国建設研修センター 研修会館  
〒187-8540 東京都小平市喜平町 2-1-2 TEL：042-324-5315
7. 申込先及び問い合わせ先  
一般財団法人 全国建設研修センター 研修局 担当：荷出・浦上  
〒187-8540 東京都小平市喜平町 2-1-2  
※申込みはインターネット、郵送、FAX、メールいずれでも受け付けています。  
▶ ホームページアドレス <http://www.jctc.jp/>
8. 研修経費及び納入先  
研修経費（1 人当たり、消費税含）  
① 研修会費：69,000 円  
② 宿 泊 費：5,800 円（2 泊分）※前日宿泊の場合、1 泊分（2,900 円）追加となります。  
③ 合 計：74,800 円
9. 申込締切日 平成 26 年 5 月 7 日（水）

## 平成26年度研修「地質調査」時間割

—地盤に関わる諸問題解決の知識と留意点について—

月日	時 間	講義 時間	教 科 目	講 師	
				所 属	氏 名
5/14 (水)	9:00～ 9:15 9:15～10:00		受 付 開講の挨拶・オリエンテーション		
	10:00～12:00	2.0	地質調査の意義と 地盤工学的問題解決のポイント —グループ討議を含む—	(株)地域環境研究所 代表取締役  日本大学 文理学部 地球システム科学科 非常勤講師	中 村 裕 昭
	13:00～16:00	3.0			
	16:10～17:40	1.5	地質調査発注のポイント	サンコーコンサルタント(株) 海外部長 (一社)全国地質調査業協会連合会 積算委員会 委員	相 澤 隆 生
5/15 (木)	9:00～12:00	3.0	地質調査の計画及び手法と評価	応用地質(株) エンジニアリング本部 技師長室 室長	利 藤 房 男
	13:00～16:00	3.0	河川堤防を例とした盛土構造物の 具体的諸問題について	応用地質(株) 東京支社 執行役員 支社長	佐 藤 謙 司
	16:10～18:10	2.0	地下水と地盤災害	(株)日さく 技術本部 執行役員 地質調査部長	渡 辺 寛
5/16 (金)	9:00～12:00	3.0	地質リスクマネジメント	基礎地盤コンサルタンツ(株) 代表取締役社長	岩 崎 公 俊
	13:00～15:00	2.0	事例紹介 —道路防災と点検における 留意点について—	(独)土木研究所 地質・地盤研究グループ 地質チーム 上席研究員	佐々木 靖 人
	15:00～15:10		閉講式		

※教科目及び講師については変更することがあります。

合計 19.5h

近年、コンピュータ技術の飛躍的な発達により、さまざまな分野で情報処理技術が進歩しています。地質調査業を取り巻く分野においても、地質図、ボーリング柱状図等の地質情報がデジタルデータとして整備されてきています。さらに、これらの地質情報の高度利用として、地盤・地質情報の三次元化が調査の実務でも採用されてきています。

紙媒体の地質図のような二次元の地質情報の場合、地質学に馴染みのない人が、その情報から三次元的な空間情報を読み取ることは難しいものですが、三次元化されれば、直感的に立体的な情報を読み取ることができます。地盤・地質情報の三次元化は、土木構造物の設計や施工に携わる人への情報伝達ツールとして有効で、さらには、一般市民にも比較的容易に地質情報を伝えることが可能となることから、防災や環境問題にも有効利用されるものと考えられます。

地盤・地質情報の三次元化の必要性は、今後さらに高まっていくことが予想されることから、本号では、小特集として「地盤・地質情報の三次元化」を企画しました。

巻頭言で、独立行政法人土木研究所の脇坂地質監に「地盤・地質情報の三次元化」の現状について整理していただくとともに、今後への期待と望む姿について述べていただきました。

小特集では、国土交通省等が推進しているCIMの検討状況の紹介と、「地盤・地質情報の三次元化」の適用事例について、実務に携わってきた方々に執筆していただきました。読者の皆様にとっても、有益な内容だと確信しています。

最後に、年度末のお忙しい中、本号発刊にご協力いただいた執筆者の方々に、深く感謝いたします。

(2014年3月 細野記)

機関誌「地質と調査」編集委員会

一般社団法人全国地質調査業協会連合会

委員長 鹿野 浩司

委員 佐久間 春之, 中村 覚, 細野 高康, 細矢 卓志, 三木 茂, 利藤 房男, 土屋 彰義, 山本 聡, 池田 俊雄, 高橋 暁, 中川 直.

各地区地質調査業協会

委員 北海道：鈴木 孝雄 東北：高橋 克実 北 陸：津嶋 春秋 関 東：丹下 良樹 中 部：伊藤 重和  
 関 西：東原 純 中 国：向井 雅司 四 国：二神 久士 九 州：金田 良則 沖 縄 県：長堂 嘉光

一般社団法人全国地質調査業協会連合会

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

北海道地質調査業協会	〒060-0003	北海道札幌市中央区北 3 条西 2 丁目 1 (カミヤマビル)	TEL. (011) 251-5766
東北地質調査業協会	〒983-0852	宮城県仙台市宮城野区榴岡 4-1-8 (パルシティ仙台 1 階)	TEL. (022) 299-9470
北陸地質調査業協会	〒951-8051	新潟県新潟市中央区新島町通 1 ノ町 1977 番地 2 (ロイヤル礎 406)	TEL. (025) 225-8360
関東地質調査業協会	〒101-0047	東京都千代田区内神田 2-6-8 (内神田クレストビル)	TEL. (03) 3252-2961
中部地質調査業協会	〒461-0004	愛知県名古屋市中区葵 3-25-20 (ニューコーポ千種橋 403)	TEL. (052) 937-4606
関西地質調査業協会	〒550-0004	大阪府大阪市西区靱本町 1-14-15 (本町クィーバービル)	TEL. (06) 6441-0056
中国地質調査業協会	〒730-0017	広島県広島市中区鉄砲町 1-18 (佐々木ビル)	TEL. (082) 221-2666
四国地質調査業協会	〒760-0067	香川県高松市松福町 2-15-24 (香川県土木建設会館)	TEL. (087) 821-4367
九州地質調査業協会	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東 2-4-30 (いわきビル)	TEL. (092) 471-0059
沖縄県地質調査業協会	〒903-0128	沖縄県中頭郡西原町森川 143-2 (森川 106)	TEL. (098) 988-8350

機関誌「地質と調査」'14年1号 No.139

平成 26 年 4 月 15 日 印刷

平成 26 年 4 月 20 日 発行

編 集 一般社団法人全国地質調査業協会連合会

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

発行所 株式会社ジェイ・スパーク

〒102-0082 東京都千代田区一番町 9-8 ノザワビル 7 階 TEL. (03) 3264-7781 FAX. (03) 3264-7782

株式会社ワコー

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋 3-11-7 TEL. (03) 3295-8011 FAX. (03) 3230-2511

印刷所 株式会社 高山

無断転載厳禁

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



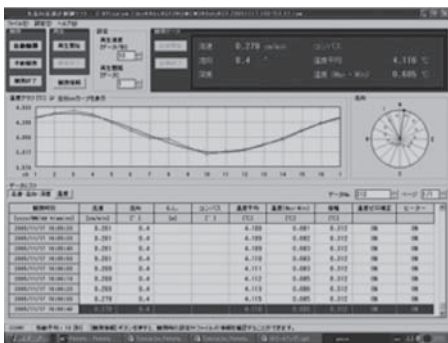
# 全自動遠隔地下水流向流速測定装置 **geo5**

## 人が容易に立入ることのできない 汚染水の広がり予測等、 長期の地下水流動調査・研究に！

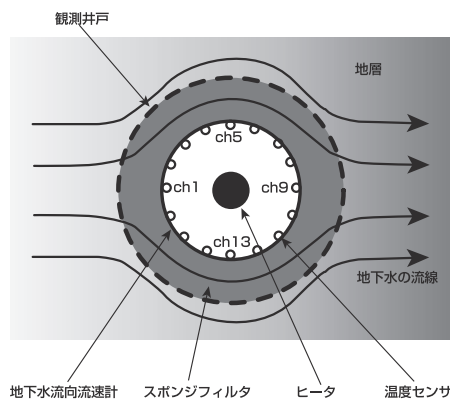
広くご使用いただいています GFD-3、GFD-4 型地下水流向流速計（JFE アドバンテック製）に専用の高機能データロガー（GFD Logger II：Geo5 製）を結合させることで、全自動型の遠隔地下水流向流速測定装置を構築できます。GFD Logger II は、au/FOMA 通信機能を搭載、GFD-3、GFD-4 型地下水流向流速計の他、地下水位計も接続できます。測定は、予め設定された時間間隔を元に、流向流速と水位を同時に測定し、同結果は内蔵の SD カードに記録すると共に、管理者にメール形式でデータ伝送できますので、人が容易に立ち入ることのできない汚染水の調査・研究の他、長期に及ぶ地下水流動調査等に威力を発揮します。



### ●測定結果例



### ●センサ部の構造



### ●システムの仕様

- GFD-3、GFD-4 地下水流向流速計  
 流速測定範囲 0.01～1cm/分  
 流向測定範囲 0～360度  
 インタフェース RS232C  
 最小適用孔径 φ50
- GFD Logger II データロガー  
 測定項目 流向流速、地下水位  
 記録媒体 SD カード (16GBmax)  
 通信機能 au/FOMA  
 電源 DC12V

備考：

地下水流向流速の測定においては、開口率の十分に大きなスリット状のパイプを用い、適切な観測井に仕上げるのが重要です。

**株式会社 ジオファイブ**

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

〒336-0931 埼玉県さいたま市緑区原山 1-12-1  
 TEL 048-871-3511 FAX 048-871-3512  
 Email [sales@geo5.co.jp](mailto:sales@geo5.co.jp)

### ■業務内容■

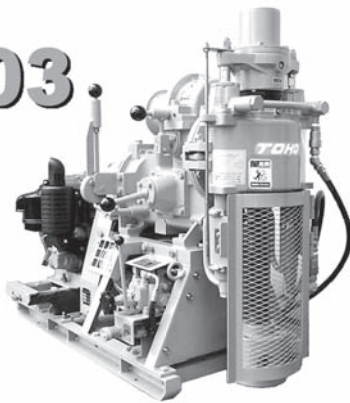
- 計測機器販売 : 地質調査機器・土木計測機器・工業計測機器  
 計測機器レンタル : 地質調査機器及びその他計測機器レンタル  
 計測業務 : 現場計測業務・測定機器設置・3D 計測業務  
 計測機器設計製作 : 各種地盤計測機器の設計製作



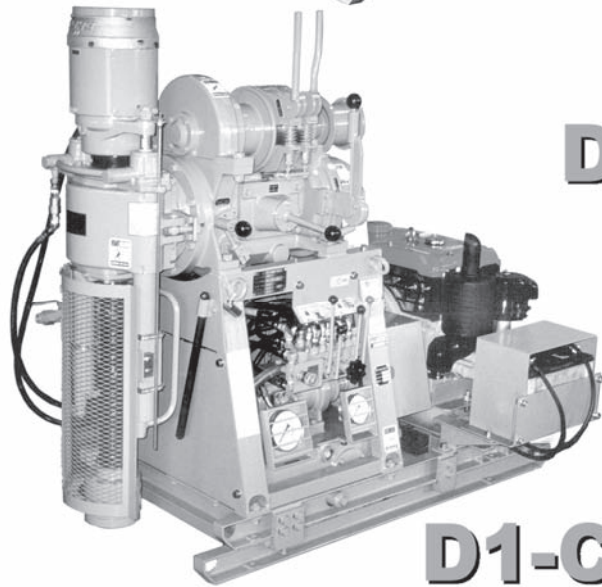
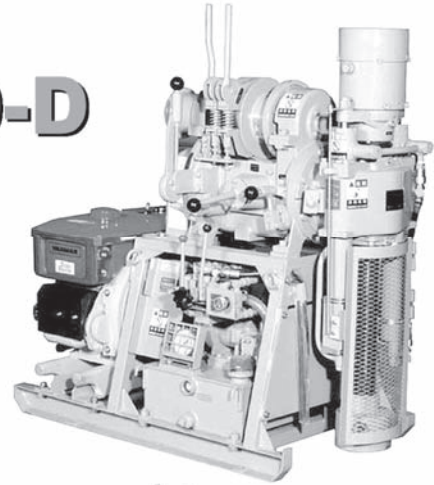
**TOHO**  
DRILLING EQUIPMENT

# 小型ボーリングマシン

**DM-03**

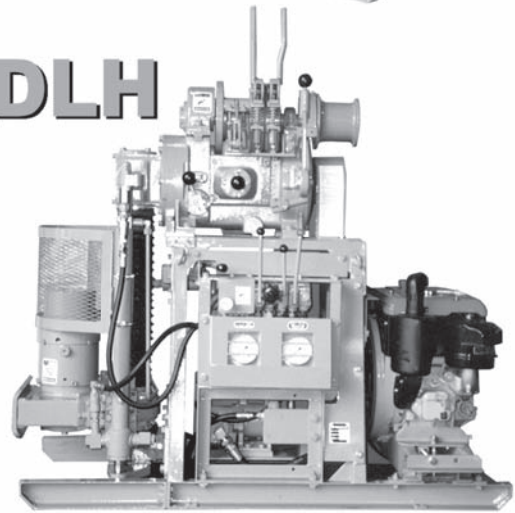


**D0-D**



**D1-C**

**D0-DLH**



試錐機には小型ボーリングポンプが内蔵できます。(DM-03を除く)

機種名		DM-03	D0-D	D0-DLH	D1-C
穿孔能力	m	30	100	100	280
回転数	min <sup>-1</sup>	65,125,370	(A)60,170,330	(A)60,170,330	(A)65,130,170,370
			(B)110,320,625※	(B)110,320,625※	(B)90,170,320,490※
スピンドル内径	mm	47	43	43	48,58
ストローク	mm	300	400,500※	500	500
巻上げ力	kN(kgf)	3.9(400)	5.9(600)	5.9(600)	10.8(1100)
スライド	mm		油圧式300※	油圧式300※	油圧式300
動力	kW/HP	3.7/5	3.7/5	3.7/5	5.5/8
質量	kg	180	315	475	550
寸法	H×W×L mm	960×550×1115	1200×660×1180	1440×890×1415	1390×735×1580

右操作、左操作をご用意しております。 ※はオプションです。



**東邦地下工機株式会社**

東京都品川区東品川 4-4-7 TEL 03 (3474) 4141  
福岡市博多区西月隈 5-19-53 TEL 092 (581) 3031  
URL: <http://www.tohochikakoki.co.jp>

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

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

# 地質調査

通巻139号

●発行所

株式会社ジェイ・スパーク／株式会社ワコー