

## 定量的な地下状況の把握に資する DX 技術の可能性

～高レベル放射性廃棄物地層処分に関連する地下の定量的理解に向けて～

パシフィックコンサルタンツ（株） 正会員 ○龍原 毅，正会員 安田 亨，正会員 斉藤泰久  
早稲田大学 正会員 小峯秀雄，非会員 膳場百合子  
パシフィックコンサルタンツ（株） 正会員 園田真帆，正会員 村田航大

### 1. 概要

近年，建設 DX 化の中で高精度な三次元デジタルマップに関する技術が発展している。土木分野では，DX を維持管理や施工に活用するケースも増えているが，地下構造物のように直視が難しいものを対象に，土木技術者以外の一般の人々の理解促進のために DX を活用するという視点も重要と考える。本論では，地下の可視化に関する既往技術の活用分野の一つとして『高レベル放射性廃棄物の地層処分事業』（以下，HLW 事業と表記）を取り上げる。現状の HLW 事業の説明では，図-1 のような俯瞰的な図でわかりやすさを工夫されてはいるが，巨大な地下構造物を直感的に想像することは，一般の人にとって容易では無い。DX 技術でより精緻で実写的な図を示し，国家プロジェクトに関する正確な情報を共有することが考えられる。

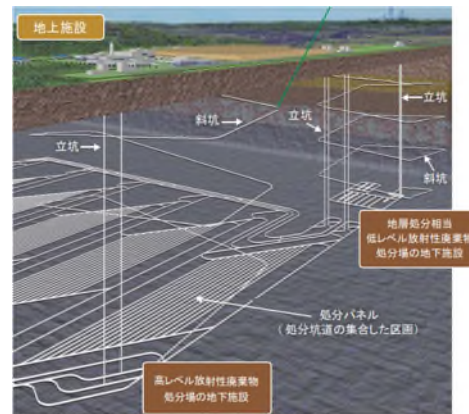


図-1 HLW 事業における地下施設の説明図<sup>1)</sup>

### 2. HLW 事業における地下可視化の課題

HLW 事業に関しては，現在，北海道の2つの自治体を対象に文献調査が行われているが，国民全体への理解が進んでいるとは言い難い。その要因はさまざまと考えられるが，地下で行われる事業を一般の人々が身近なものとして想像することが難しいことも一因と考える。

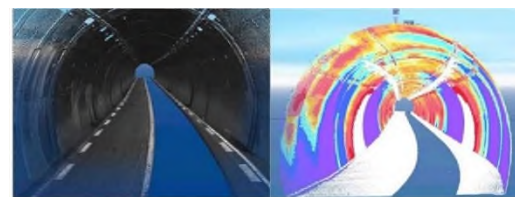


図-2 三次元形状計測変形モード解析の結果<sup>3)</sup>

HLW 事業に係る研究<sup>2)</sup>で，結城氏は，文学者の立場から，「地上に比べて地下は安全だというけれど，地下の世界に想像力が及んでいないのではないか<sup>3)</sup>と述べ，「地下の世界に想像力を伸ばす書き手に導かれて（中略），地層処分問題が膠着を脱することは十分に考えられる<sup>3)</sup>とも書いている。想像力が及ばないものを理解することは困難で，安全性の議論のためにもわかりやすいツールが必要と考える。

土木技術者は，地下に対して一般の人よりも情報を得てきたが，地下の状況をわかりやすく知ってもらう努力が不十分であったと考えられ，人々が地下の世界を想像しやすくし，実感できるように努めることが必要と考える。直視できないものを可視化することで，地下に対して馴染みが無い大多数の人々が，地層処分のことを議論する素地を作ることができる。本論では，三次元デジタルマップの既往技術を簡潔に紹介するとともに，HLW 事業への寄与の可能性を述べる。

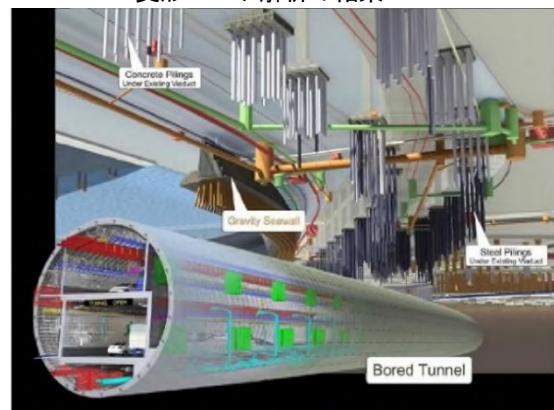


図-3 CIM 導入事例  
アラスカンウェイ高架・地下工事の CIM<sup>5)</sup>

### 3. 三次元可視化技術

安田ら<sup>4)</sup>は，トンネル点検・診断における DX 技術の適用に取り組んでおり，高精度レーザ計測により，正確な位置情報（点群座標）を持った画像、損傷図、変形図、空洞・内部欠陥などの情報を一元化して 3D 可視化表示する技術を開発している。トンネル内を時速 50～70km 程度で走行する車両に搭載した機材で計測が可能であり，実工事やメンテナンスフェーズでも適用されている（図-2）。また，土木学会では，図-3 のような事例を示し，二次元図面では把

キーワード 高レベル放射性廃棄物地層処分，DX 技術，コミュニケーションツール，地下の地図，可視化  
連絡先 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町3-22 パシフィックコンサルタンツ株式会社 TEL03-6777-1501

握しにくい状況を三次元のデジタルデータで示すことで、直感的にかつ正確に把握できることを示している。このような可視化は、技術者に限らず、一般の人への状況説明資料としても有効と考えられる。

#### 4. HLW 事業での DX 技術活用の可能性

ここでは、HLW 事業において三次元の地下の地図を作成することによる一般の人に対するメリットを示す。

**1) コミュニケーションツールとしての活用；** 地下の状況を立体的に想像することは容易ではなく、一般の人は、想像しにくい場所に放射性廃棄物を埋設処分することに対して不安感を抱きやすいと考えられる。地下 300m 以深に到達するまでの地層の変化や帯水層の分布などを「地下の地図」として俯瞰的に見えるようにし、安全性に関する説明ツールとして、DX 技術を応用することが考えられる。可視化するだけで HLW 事業への不安が払しょくされるわけではないが、定量的な議論のツールとして活用できると考える。

**2) 精緻な図による技術情報の共有；** 筆者らは、HLW 事業に係る研究<sup>2)</sup>において、土木技術者、地質技術者、社会心理学者、社会学者、大学院生や学部生など多様なメンバーで議論を行い、説明図が与える印象の重要性を再認識した。住民説明では、わかりやすさ優先でポンチ絵が使われることもあるが、ポンチ絵と言ってもきれいな絵を一般の人は、「設計図面」と認識する可能性がある。わかりやすくしたいという技術者の良心が、「実際のもの」と設計図面が異なる」という誤解を招くことが懸念される。技術者目線では気がつきにくい、住民意見が事業進捗に影響する可能性を考えると、重要なポイントと考える。

今後、HLW 事業の候補地が確定すれば、地下構造物等の精緻な図面を作成することになるが、二次元の図面では、一部の専門家を除き完成後の状況を立体的に想像することは難しい。ポンチ絵では無く、三次元図面を自由な方向から、寸法も拡大・縮小しながら見ることができれば、地下空間を感覚的に把握しやすくなることが期待できる。デジタルデータを持った精緻な情報のため、無用な誤解も生じにくい。

**3) 維持管理状況の可視化；** HLW 事業では、廃棄物処分後の閉鎖した地下構造物は、基本的に人の維持管理が不要とされているが、掘削開始から埋め戻し完了まで数十年以上の時間を要し、その間の地下構造物の維持管理が必要である。三次元計測技術を活用することで、掘削時の地山状況や地下水状況を三次元データとして記録することが可能で、既に道路等のトンネル工事で実用化されている。維持管理に高精度な三次元測定技術を活用し、その状況を公開することが可能である。維持管理状況を一般の人々に三次元で可視化することは、信頼度を得るためにも有効と考える。

#### 5. 今後の展望

HLW 事業における一般の人々への説明ツールとしての有効性の観点から、DX 技術の活用について述べた。本論 3. で説明した内容は、DX 技術に関わっている土木技術者には既知と思われるが、HLW 事業に限らず、一般の人々とのコミュニケーションツールとして、今後、より積極的に活用することが考えられる。

本論では、三次元可視化について述べたが、高度なモニタリング<sup>6)</sup>など実現場で適用されている可視化技術を、一般の人々向けの情報共有ツールとしても活用することが考えられる。

ただし、技術の安全性に関する信頼を得るためには、リスクシナリオに基づき的確な対処方法を詳細に検討する必要がある、DX 技術は、その理解を助けるツールであるという認識で取り組むことが重要と考える。

#### 参考文献

- 1) 原子力発電環境整備機構 (NUMO), 地層処分 安全確保の考え方. [https://www.numo.or.jp/kagakutekitokusei\\_map/pdf/anzen\\_a4.pdf](https://www.numo.or.jp/kagakutekitokusei_map/pdf/anzen_a4.pdf)
- 2) 原子力発電環境整備機構 (NUMO) 支援研究 地層処分事業に係る社会的側面に関する研究 成果報告, 2020 年度・2021 年度 地層処分事業に係る社会的側面に関する研究支援事業 II 運営委員会 (株式会社エム・アール・アイ リサーチアソシエイツ), 2022 年 2 月. <https://www.mri-ra.co.jp/event/yoko20220228.pdf>
- 3) 奥野克巳, 近藤社秋, 結城正美 鼎談, 「人間以上」という問い, 図書新聞 3530 号, 2022 年 2 月 12 日.
- 4) 安田亨, 田近宏則, 重田佳幸, 走行型高速 3D 計測システムと AI を活用したトンネルの統合型点検・診断支援システム, 検査技術, 2022 年 2 月.
- 5) 米国における CIM 技術調査 2013 報告書, 土木学会.
- 6) 例えば, Mohamad, H., K. Soga, P. J. Bennett, R. J. Mair and C. S. Lim, "Monitoring Twin Tunnel Interactions Using Distributed Optical Fiber Strain Measurements," Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, American Society of Civil Engineers, August 2012, Vol 138, No. 8, pp. 957-967, doi: 10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000656. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0000656](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000656)