

地層処分事業のサイト調査を支えるデータマネジメントシステムの詳細設計

西尾 光*

Detailed Design of a Data Management System Supporting Site Investigations for Geological Disposal Projects

NISHIO Hikaru*

*原子力発電環境整備機構 Nuclear Waste Management Organization of Japan, 1-23, Shiba 4-Chome, Minato-ku, Tokyo, 108-0014, Japan. E-mail: hnishio@numo.or.jp

キーワード：地層処分, データマネジメントシステム, サイト調査

Key words: Geological Disposal, Data Management System, Site Investigation

1. はじめに

地層処分対象の放射性廃棄物(高レベル放射性廃棄物及び TRU 廃棄物)は, 地下 300m 以深の安定した岩盤に地層処分を行うこととなっている。サイト調査では, 地表踏査, 物理探査, ボーリング調査, 室内試験, 地質環境モデルの構築など, 多様な調査・評価が段階的に進められ, 長期間にわたり膨大なデータが取得される。これらには, 取得値だけでなく, 取得目的や測定条件を示すメタデータ, 品質管理記録, 報告書類などが含まれ, 透明性や追跡性などを確保しつつ一貫したデータ管理が不可欠である。くわえて, 100 年に及ぶ地層処分事業では, 調査・評価の履歴と説明責任を長期的に維持するために, 体系的な情報基盤の整備が求められる。IAEA (2024) でも, 適切なデータ管理がサイト選定プロセスの信頼性確保において重要であることが示されている。

これらの課題に対応するために原子力発電環境整備機構(以下, NUMO)では, サイト調査で用いるデータマネジメントシステムとして「サイト特性評価支援システム (Geo-Synthesis Support System), 略称: G3S (ジースリーエス)」(以下, G3S)の整備を進めている(西尾ほか, 2025)。G3S は, サイト調査で取得される膨大かつ多様なデータを体系的に管理し, 評価プロセスを一貫して支える情報基盤である。また, 評価プロセスの再現性を確保し, 長期的な説明責任を支える枠組みとして位置付けられる。

本稿では, G3S のシステム開発について, 基本設計を踏まえ, 具体的な実装レベルへ落とし込んだ詳細設計の内容を示し, 長期的な情報基盤としての特徴と意義を述べる。

2. 詳細設計の方針

詳細設計では, 将来にわたる運用環境の変化に対して柔軟に適応できる実装構造の確立を目的とした。地層処分事業は 100 年に及ぶため, データ量の増加, 技術基盤の更新, 利用組織の変化など, 事業を取り巻く情勢の変化を考慮した拡張性・保守性が求められる。

G3S では, プレゼンテーション層, アプリケーション層, データ層からなる三層アーキテクチャを採用し, 機能追加時の影響範囲を限定した。また, 地質・水理・地球化学・自然環境など複数分野で利用されることから, 統一された操作体系を提供するユーザーインターフェース設計を重視した。

これにより, 異なる専門領域間でも一貫したデータの取扱いが可能となる。さらに, データ更新履歴や承認履歴を体系的に管理することで, 地質環境モデルの構築や解析結果がどのデータに基づいて得られたかを追跡可能とし, 評価過程の再現性を担保できる仕組みを構築した。

長期運用では, 技術基盤の陳腐化が避けられないため, アーキテクチャ選定においては将来的なサービス移行を容易にする疎結合構造を意識して設計した。

3. システムアーキテクチャとクラウド基盤設計

クラウドサービスには Amazon Web Services (AWS)を採用し, コンテナ基盤によるアプリケーションの統合管理, 冗長化, 運用の自動化を実現した。

プレゼンテーション層では Nuxt.js により地図表示, 検索, 承認操作, データ登録などの一貫したユーザーインターフェースを提供し, アプリケーション層では, 検索処理やデータセットの管理などを統合している。データ層では, Amazon Relational Database Service (Amazon RDS)の PostgreSQL/MariaDB, Amazon Simple Storage Service (Amazon S3)を役割に応じて利用し, 構造化・非構造化データを効率的に扱える構成とした。

くわえて, AWS のマネージドサービスを統合的に活用することで, ネットワーク, 認証, データ管理, 監視を一元的に運用でき, 障害復旧性の向上, バックアップの自動化, 及び負荷変動への柔軟な対応を実現した。さらに, 構成標準化を進めることで, 将来的な機能追加を共通の設計理念に基づき変更可能な運用構造とした。業務時間帯における安定稼働及び障害発生時の早期復旧を重視した可用性設計とした。災害対策として, 複数リージョンへの自動バックアップ及び任意時点への復旧機構を組み込んだ。さらに, 監視ログ・アクセス制御ログを統合管理し, サイト選定における説明責任及び透明性の向上にも寄与する設計とした。

これらの論理アーキテクチャとクラウド基盤を統合した設計により, G3S に求められる長期運用性, 拡張性, 信頼性の確保を図った。

4. 調査データ統合に向けたデータ管理設計

地層処分事業においてはサイト調査で取得されたデータ

はある時点でバージョンを固定し、処分場の設計や安全評価の担当者にデータ一式を引き渡す。そして、その後の調査で得られたデータは、次のデータフリーズに反映されることが一般的であり、IAEA（2024）でも重要であることが示されている。

G3S では、データフリーズ（第 1 図）とデータセットの概念を中心に、地質環境モデルの構築に使用したデータの範囲を管理可能とした。この枠組みにより、評価プロセスの再現性と説明性の向上を図る。

さらに、リンクファイル（第 2 図）による一括登録方式の導入、論理削除運用、手書き資料の OCR (Optical Character Recognition) 処理による全文検索、地図検索やグラフ作成（第 3 図）など、空間データと属性データを関連付けた探索機能を整備し、調査地点から関連資料の探索を体系的にできる仕組みを構築した。

オンラインストレージ構築ソフトウェア Nextcloud によるファイル交換機能を実装し、組織間でのデータ流通の効率化と品質確保を両立する仕組みとした。また、G3S のシステム整備と併せて、調査会社から NUMO へ調査データを納品する際の標準テンプレートと統合インポート仕様の策定も検討しており、今後、調査業務の仕様書に反映を予定している。

5. まとめと今後の課題

本稿では、G3S の詳細設計として、三層アーキテクチャに基づく構造設計、クラウド基盤上での実装方針、及び調査データ統合に向けたデータ管理設計などを整理した。

特に、データセット及びデータフリーズ の概念を中核としたデータ管理の枠組みは、評価過程の再現性と説明責任を長期的に確保するために有効である。また、クラウド基盤の活用により、長期安定性、拡張性、信頼性の確保を図りつつ、可用性確保、負荷変動への対応、バックアップ自動化など、長期運用に必要な機能を体系的に整備した。

さらに、詳細設計では、実運用における業務フローの多様性に対応するため、データ登録や承認手順について、業務フローの違いに応じて設定可能な設計とすることで、標準化と運用上の柔軟性の両立を図った。調査会社とのデータの授受や組織横断的な利用を前提とし、ユーザインターフェースの統一性や履歴管理の自動化など、実務における課題への具体的な対応方針を設計段階から組み込んだ。これらの取り組みにより、G3S は地層処分事業における実務的基盤にとどまらず、調査データ管理の標準化や再現性確保に関する知見を提供する情報基盤としての実効性を高めている。

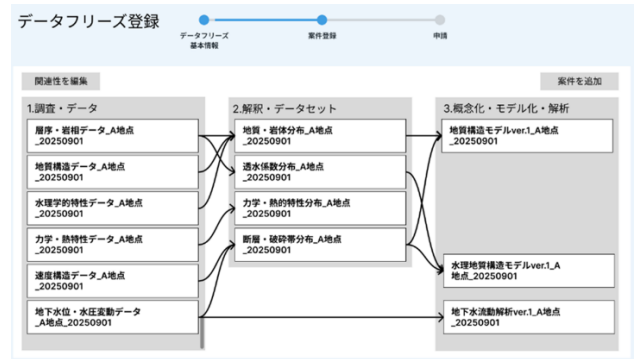
2026 年度は、本詳細設計の結果に基づき、G3S の開発を本格化する予定である。2027 年度以降は AI を活用したメタデータ作成支援機能や RAG (Retrieval-Augmented Generation) 機能の拡充を進め、調査データの検索性と利活用性の向上を図る。AI の適用範囲を拡大しつつも、データの解釈や評価に係る判断については、人による確認を前提とし、両者を適切に組み合わせることで、長期にわたり信頼性の高い情報管理体制の確立を目指す。

謝辞

本稿の検討に際して、要件定義・基本設計工程では、エヌ・ティ・ティ・データ CCS 株式会社、詳細設計工程では、データマネジメントシステムの詳細設計・開発 日本工営・インフォアース設計共同体にご支援をいただいたことを、深く感謝を申し上げます。

文 献

IAEA(2024) Management of Site Investigations for Radioactive Waste Disposal Facilities, IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-1.40.
西尾光, 尾上博則, 大城遥一, 石橋梢 (2025) 地層処分事業のサイト調査におけるデータマネジメントシステム. 第 36 回日本情報地球学会講演会講演要旨集. pp.29-30, <https://www.jsgi.org/event/abstract/geoinform2025/13.pdf> (2026.4.1.閲覧)



第 1 図 データフリーズのイメージ
元データと解釈データを紐づけて、視覚的に表示する。



第 2 図 リンクファイルによる一括登録のイメージ



第 3 図 グラフ作成のイメージ
ユーザが選択したグラフの種類や条件を指定して作図する。