

セーフティケースとナチュラル・アナログ重点課題

(株)大林組 フェロー ○河村 秀紀
MCM Consulting 非会員 Ian G. McKinley
(財)原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 三好 悟, 青木 和弘

1. 概要

原子力環境整備機構（以下「原環機構」）が進める段階的なサイト選定において、セーフティケース（安全性を保証するための論拠（核燃料サイクル開発機構、2005））は事業を円滑に進める上で重要な要素とされている。特に限定された情報で概要調査地区や精密調査地区を選定する意思決定では、判断の根拠となる信頼度の高い論拠とエビデンスの準備は不可欠となる。本検討では、日本原子力研究開発機構（以下 JAEA）による、「概要調査地区を対象としたセーフティケースの論証構造のテンプレート例」（核燃料サイクル開発機構、2005 より。以下、「セーフティケースの論証構造例」）を出発点とし、セーフティケースとして要求される項目を分析した上で、まず、ナチュラル・アナログに期待される事項を7つの目標分野として設定した。これまでの国内外で実施されてきたナチュラル・アナログ研究成果を収集・整理し、ボトムアップ的なアプローチにより期待されている目標に対する到達レベルを分析した。さらに、トップダウン的なアプローチにより、期待される事項の重要度と優先度を設定し、今後ナチュラル・アナログが目指す課題を抽出し、展開の可能性を検討することで、統合化された2つの重点テーマを設定した。

2. セーフティケースから期待される目標分野

JAEA のセーフティケースの論証構造例を分析した結果、意思決定のコンフィデンスレベルを向上させるための判断の論拠とエビデンスを準備していく上で、ナチュラル・アナログに期待する7つの目標分野を設定した。

- ①深部地下水特性の安定性評価に係わる分野
- ②地質・地質構造の安定性評価に係わる分野
- ③人工バリアシステムの核種保持性能評価に係わる分野
- ④天然バリアの核種保持性能評価に係わる分野
- ⑤工学的な初期擾乱（建設・操業などによる）に対する自然界の回復能力の評価に係わる分野
- ⑥沿岸域における天然バリアと生物圏のインターフェースの変遷評価に係わる分野
- ⑦人工バリア材料の長期健全性評価に係わる分野

ここでの「安定性」の意味は、評価の対象とするサイトの将来的な変動が、過去からの変遷の仕組みを説明する論拠とエビデンスから構築された手法を用いて、予測の範囲内にあることをいう。

3. ボトムアップ・アプローチによる既存のナチュラル・アナログ情報の分析

国内外で公表されている約 2,000 編のナチュラル・アナログ研究成果を対象に、セーフティケースから期待される 7 つの目標分野（ゴール）に対し、それぞれの到達レベルを評価した。用いた評価の指標は、以下の 3 点である。①研究成果は科学的な観点から専門家の評価を受けているか、②わが国処分概念（安全概念）の論証となり得るか、③用いられた研究のアプローチ手法あるいは研究の対象は将来的にさらなる展開の可能性があるかどうか。また、既存のナチュラル・アナログ・プロジェクトとしてオクロ、シガーレーク、ポッソス・デ・カルダス、マッカリン、ロック・ローモント、東濃に着目し、ナチュラル・アナログとしての科学的な観点からの適用性も分析した。これら一連の作業によりナチュラル・アナログ展開可能性の整理表として取りまとめ、トップダウン・アプローチへのインプットとした。

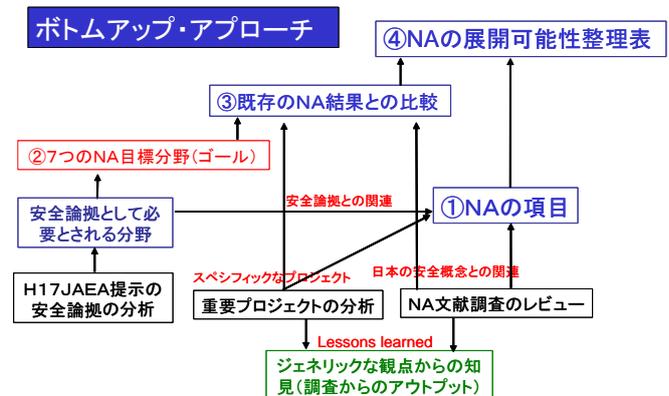


図-1 ボトムアップ・アプローチによる分析

これら一連の作業によりナチュラル・アナログ展開可能性の整理表として取りまとめ、トップダウン・アプローチへのインプットとした。

キーワード：セーフティケース、ナチュラル・アナログ

連絡先：株式会社大林組土木技術本部技術第四部：〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 電話 03-5769-1309

4. トップダウン・アプローチによるナチュラル・アナログ課題の設定

原環機構が進める段階的なサイト選定（特に精密調査地区選定：DIA）での評価に反映させることを最優先の目標とし、その時点で考慮すべき事項を検討し（表-1参照）、それらの期待事項の重み付けをすることで7つの目標分野ごとの重要度を設定した（図-2における⑤⑥⑦の作業）。またボトムアップ・アプローチから得られた展開可能なナチュラル・アナログ整理表を対象として、優先度の観点から4項目のスコアリング（①類似サイトの存在性、②期間内での成果の見通し、③実施の環境準備、④関連する経験と知見の存在）を行い、7つの分野の重み付けと統合化（MAA手法を適用）することで、表-2に示す重要度と優先度が高いナチュラル・アナログ課題を設定した。

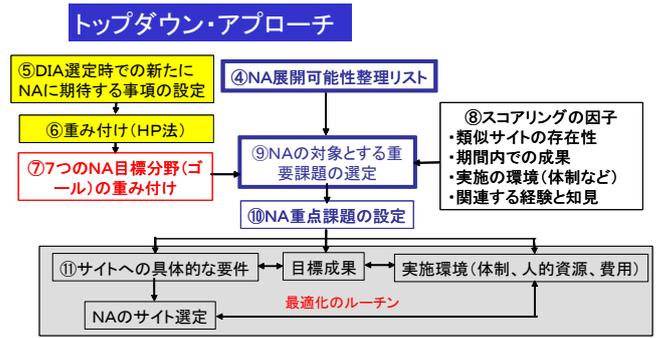


図-2 トップダウン・アプローチ

表-1 DIA 選定において考慮すべき事項

| |
|--------------------------|
| サイトの地質環境の把握（将来的な変動を含めて） |
| 地質環境に対応した処分場概念の構築（経済性含む） |
| 信頼性のある性能評価モデル・データベースの設定 |
| 調査・評価に係わるスタッフ訓練と知見・経験伝達 |
| 地域住民との関係構築（分かりやすいメッセージ） |

表-2 MAA の結果（重要度・優先度の高い課題）

| スコア | スコアが200以上の項目 | 備考 |
|-----|--------------------|---|
| 238 | 母岩の安定性 | セーフティケースの階層構造からシステムとしての統合化されたNA研究が必要とされるテーマ |
| 255 | 広域地質構造の安定性 | |
| 221 | 変動に対するロバスト性 | |
| 224 | 地下水流動の安定性 | 移流による物質移行と化学環境の不変的な関連に着目するテーマ |
| 256 | 地下水の化学特性の安定性 | |
| 234 | ベントナイトの核種保持性能 | NFの性能を担保するテーマ |
| 256 | 天然バリア中のマトリクス拡散 | 天然バリア中の核種移行プロセスに関連するモデル・パラメータの妥当性を示す観点からのNA研究テーマとする |
| 224 | 天然バリア中のコロイド移行 | |
| 240 | 天然バリア中の微生物活動 | |
| 208 | 天然バリアの核種固定(鉱物化)特性 | |
| 234 | 地圏と生物圏とのインターフェース | 帯水層の希釈・拡散の変動 |
| 234 | ベントナイト・コンクリートの相互作用 | ニアフィールドの性能評価を支援するNA研究テーマ |
| 221 | コンクリートと岩盤との相互作用 | |

表-3 ナチュラル・アナログ課題の展開可能性

| NA課題に対して共通なサイト要件 | 割合 |
|---------------------|-------|
| 金属鉱床(地化学的なアノーマリ)の存在 | 9.8% |
| +古水理学情報 | 20.8% |
| +沿岸域での海退と堆積物 | 33.6% |
| +考古学と古い材料の存在(+環境) | 51.4% |
| +オフサイト+古い材料 | 59.6% |
| +断層 | 66.2% |

5. ナチュラル・アナログ課題の展開可能性検討

MAA手法を用いたナチュラル・アナログ課題の選定過程で、これまでのナチュラル・アナログ研究の経験から判断して、表-3に示すように、条件が揃えば、同じ場所で多様なナチュラル・アナログが展開できる可能性が示唆された。例えば、スメクタイトを含む堆積層が分布する沿岸域で、地化学的なアノーマリが存在し、そこが古水理の研究の場として情報が揃っており、高 pH の温泉が断層沿いに湧き出ているようなサイトが見つければ、今回取り上げたナチュラル・アナログ課題の半分以上を展開することが可能である。

6. 重点課題の統合化

表-2で選定したナチュラル・アナログ課題を図-3に示す3グループに分類し、①展開可能性（課題に対応する国内外のサイトの存在、関連する知見・情報の存在）、②段階的なサイト選定への反映可能性（セーフティケースの上位に位置する評価上の不確実性の提言）の観点より2つの重点テーマに統合化した。

- ・重点テーマ1：地質環境の長期安定性評価
- ・重点テーマ2：ベントナイトとコンクリートの相互作用影響評価

類似環境でのナチュラル・アナログ研究により長期安定性判断のロジック、指標およびエビデンスを集約することで、入手できる情報が限定される段階での候補サイトでの長期安定性評価を支援することを目指す。また、自然界での高 pH 環境下におかれたベントナイト鉱床の変質状況を調査・分析することで、人工バリアの長期変質モデル等の妥当性を評価することを目的とする。これらのナチュラル・アナログ研究の特徴として、多分野にわたる専門家の知見の統合化をはかることも目標となる。

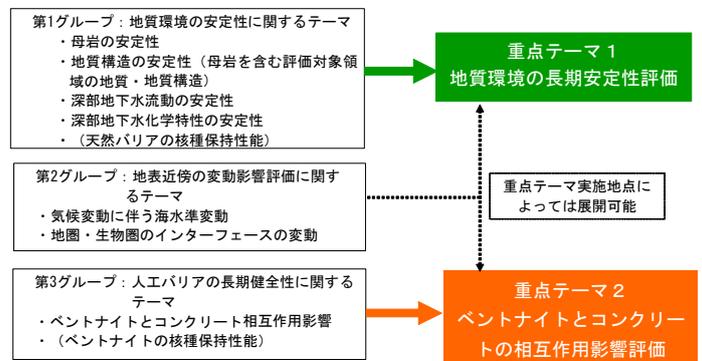


図-3 重要課題の絞込み

なお、本報告は、経済産業省からの委託による「地層処分技術調査等」の成果の一部である。

参考文献

核燃料サイクル開発機構（2005）、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤の構築 - 平成 17 年取りまとめ、JNC TN1400 2005-020