

長期地質変動予測手法の開発（その１） - 基本的な考え方 -

（財）原子力環境整備センター 正会員 藤原 愛、田代 寿春

京都自然史研究所 西村 進

東京大学 大久保 誠介

工業技術院 地質調査所 古宇田 亮一

１．はじめに

わが国は地質学的な変動帯に位置しており¹⁾、高レベル放射性廃棄物の地層処分サイトの選定や設計にあたっては、各種の天然現象に対する地質の長期的安定性を合理的手法によって確認・評価されている必要がある。（財）原子力環境整備センターでは、処分場周辺の地質の力学的安定性の評価ツール整備と評価結果の可視化を目的として、将来１万年間の『長期地質変動予測手法の開発』を実施してきた。

具体的には、過去 100 年間の測地データ（GPS データ含む）による短期的な地質変動（地震による変動）の把握と過去 12.5 万年間の長期的な地質変動記録に基づき、将来 1 万年間の地質変動シナリオを設定し、FEM 解析に資する物性モデル作成とシミュレーションにより、定量評価の方向を目指したものである。

２．長期地質変動予測手法の開発フロー

図 - 1 に示す開発フローにより、長期地質変動予測手法開発のための事例研究を実施してきた。それらは、適用例として（その 2～4）に、また可視化手法については（その 5）として別途報告する。開発した予測手法の基本的考え方を次に示す。

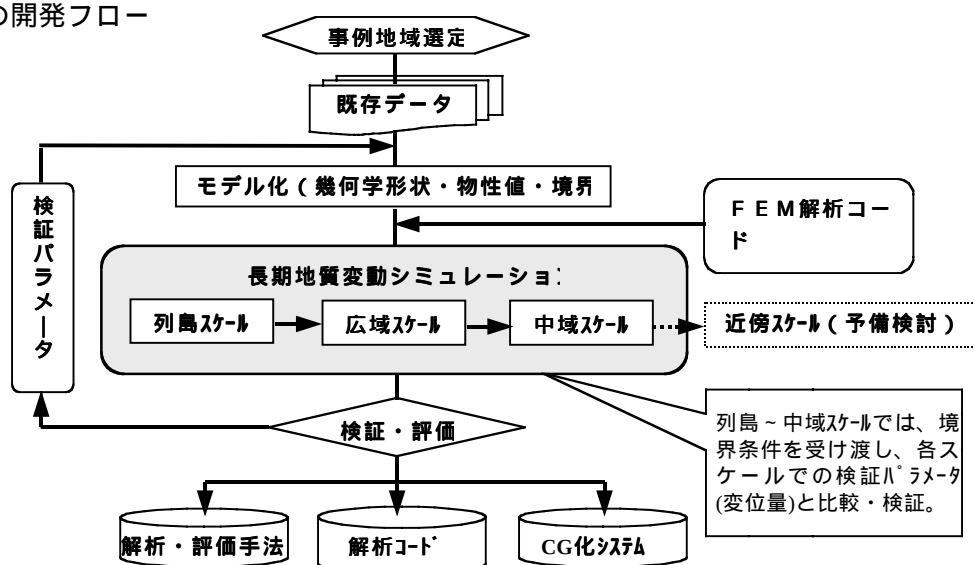


図 - 1 長期地質変動予測手法の開発フロー

３．基本的考え方

（１）将来予測の考え方

岩盤力学分野での岩盤挙動の長期予測においては、対象岩盤の性質（岩盤の幾何学形状・岩盤の物性・境界条件の３つ）を実測値として得ることが困難な場合が多いことから、a)性質を決定するためのシミュレーションと、b)将来予測のためのシミュレーションを併用するケースが多いが、本研究では事例研究によって過去～現在までのシミュレーションを a)として実施し、シミュレーション結果を地質学的に検証して、b)として将来 1 万年間についての地質変動予測手法のプロトタイプを確立した。また、一般には長期地質変動予測には外挿法が多く用いられるが、ここでは外挿法を基本に数値モデルを用いた解析を加えることにより、予測手法を合理化し、予測結果を視覚的に捉えることを可能にしたものである。

（２）長期地質変動の捉え方と予測可能期間

本研究では、プレート運動による広域応力場の変化がなく（定常的で）、地質変動傾向を直線近似可能な

キーワード：放射性廃棄物処分、長期地質変動、予測可能期間、物性構造モデル、可視化

連絡先：〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-8-10（第15森ビル4F）（tel：03-3504-1081・Fax：03-3504-1297）

期間（変動が線形的であると仮定できる期間）を予測可能期間と考えた。過去～現在までの地質変動で、現在まで連続している広域応力場が形成されたのが 100～200 万年前とされており、そのうち地形の垂直変動量を海成段丘等により長期的・広域的に推定できるのが 12.5 万年前～現在。さらに短期的で急激な地質変動（地震）をもたらす活断層の活動周期が 1000 年と考えられている。以上から短期的な変動の影響を受けずに直線近似でき、地質変動記録から精度良く将来予測を可能となる期間は、1 万年が妥当であると考えた。

なお、ここで扱った地質変動現象は、隆起・沈降現象と断層活動のみで、それぞれ「持続的な変動」と「発生は間欠的であるが、長期的には変動速度で説明される現象」として線形的な変動として扱うことが可能である。つまり、過去の地質変動データから変動のトレンドを解析し、境界条件等を設定し（ $t_p \sim t_0$ ）地質変動メカニズムに基づき将来変動予測（ $t_0 \sim t_f$ ）を数値解析で行っている（図 - 2）。

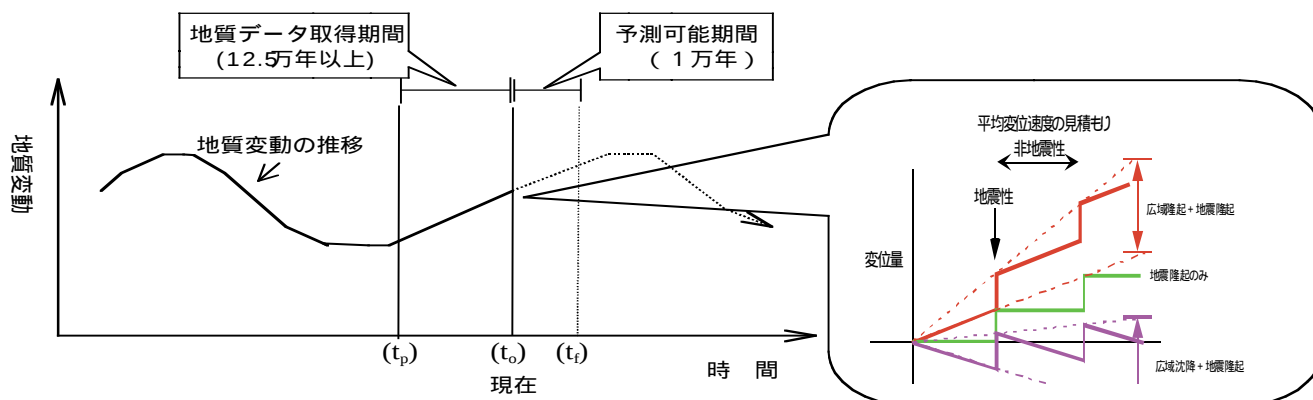


図 - 2 地質変動の線形区間と将来予測可能期間

（３）事例研究地域の選定

地質変動予測手法を開発するための事例研究地域は、シミュレーション結果を検証しやすい場所を選定する方針に基づき、断層や褶曲等の活発な地質変動が調査されており、地質データが多数蓄積されている２地域（東北地方の仙岩地域中心、近畿地方の淡路 - 六甲地域中心）に設定した。

（４）物性構造モデルの作成

選定した事例研究地域で、F E M解析による地質変動シミュレーションを適用する際、活断層に関して見れば、東北では活断層分布の必然性を示すために断層なしモデルで２次元解析し、近畿では断層に挟まれたブロックの１万年間の相対変動を示すために断層ありモデルで３次元解析した。それぞれの地質構造等に応じた解析モデルの設定、シミュレーション手法は表 - １のとおりである。

表 - １ 事例研究地域の地質構造の特徴とモデル化

事例研究地域	東北（仙岩地域）	近畿（淡路 - 六甲地域）
地質構造	・ 上部は新第 3 紀火山岩類、下部は花崗岩類の 2 層 ・ 東西圧縮の応力場（逆断層型） ・ 南北配列の地質構造 ・ 地熱地帯で熱構造変形が特徴	・ 上部は第 4 紀堆積層、下部は花崗岩類の 2 層 ・ 東西圧縮の応力場（横ずれ型） ・ 横ずれ活断層群による地質構造ブロックが特徴
モデル化	・ 既存地質断面図、３次元重力解析による基盤震度、キュリー点深度、深部速度構造データにより作成。 ・ 物性により 4 層構造に区分（上位 2 層：弾性体、下部 2 層：粘弾性体）	・ ３次元地質図から、重力密度解析構造解析、地山区分（電研式岩盤分類）対応の物性値設定 ・ 断層活動度を断層面の物性値へ変換（パネ） ・ 物性により 2 層構造に区分し、断層物性との組合せ 3 次元物性構造モデル化
シミュレーション手法	・ ２次元断面解析（断層なしモデル） ・ 熱構造解析結果により物性境界形状を推定 ・ FEM 粘弾性解析（上部は弾性体、下部は粘弾性体）	・ ３次元解析（断層ありモデル） ・ FEM 弾性解析

参考文献：

- １）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(1999)