

ニューラルネットワークを用いた地層処分の断層シナリオに対する不確実性解析

Uncertainty analysis on fault scenario using neural network in geological disposal.

*木賊 尋也¹, 若杉 圭一郎¹

¹ 東海大学

複数の領域を合わせ持つ断層帯が処分場を横切るシナリオに基づくモデルを作成し、ニューラルネットワークを適用したモンテカルロシミュレーションを通じて、断層の規模や発生時期に関わる不確実性が最大線量に与える影響を評価した。

キーワード: 地層処分, ニューラルネットワーク, 核種移行, 線量評価, 断層帯

1. 緒言

地層処分の安全評価は超長期の時間を対象とするため、遠い将来に予期せぬ断層が発生する可能性がある。そのため、断層が発生した場合の影響を把握しておく必要がある。地層処分の断層シナリオに対する既往の安全評価[1]では、断層を単純な一本の亀裂としてモデル化し、断層の発生時期や断層位置等を保守的に設定した上で、代表的な廃棄体のみを対象に断層の影響を評価する簡略的な手法が用いられている。しかし、本来断層の規模や発生時期には不確実性が存在するとともに、これまでの断層の内部構造に関する知見[2]として、岩盤の破碎の度合いにより構造の異なる複数の領域を合わせ持つ断層帯が形成されることが分かっており、断層帯の領域ごとに廃棄体を受ける影響が異なると考えられる。そのため本研究では断層帯の構造を考慮した核種移行モデルを構築するとともに、断層の発生時期や位置の不確実性を考慮した解析を行うことで、これらの不確実性が最大線量に与える影響を評価することを目的とする。

2. 解析方法

本研究の概念モデルを図1に示す。ここでは2km×2kmの正方形の処分場に40000体の廃棄体が処分されると仮定した。また処分場を、日本の活断層における現地調査の結果[2]を参考に断層帯を構成する断層ガウジ帯、断層角礫帯、割れ目帯に加え、断層の影響を受けない健全な母岩の4つの領域に区分し、各領域の特性をもとに、位置する廃棄体を受けるバリア機能への影響を考慮した核種移行モデルを作成した。なお、断層角礫帯と割れ目帯については、既往の文献[3]を参考に、その幅をマグニチュードに応じて変化させた。また生活圏への移行については、既往の研究[4]より断層角礫帯の透水性が最も高いことから、断層角礫帯を多孔質媒体と仮定したうえで、どの領域に位置する廃棄体も断層角礫帯を通り地表へ移行すると仮定した。その後、このモデルを用いて計算負荷を抑えつつ多種多様な断層の影響を評価するため、ニューラルネットワーク(以下NNとする)による機械学習を用いた。具体的には断層の規模、発生時刻、処分場に直撃した断層長さ(X1、X2、Y2より算出)を、不確実性パラメータとした。この時、断層は必ず処分場を横切るという保守的な設定とした。その後、各不確実性パラメータをランダムに設定した50個の教師データ(内5個はテストデータとして利用)について、「GoldSim」にて核種移行解析を行った。その後、教師データの結果をもとに最大線量を導出する予測モデルをNNにて構築するとともに、テストデータによりその妥当性を確認した。また、この予測モデルをもとにモンテカルロシミュレーション(試行回数1,000)を行い、この結果を用いた感度解析により不確実性パラメータの最大線量への影響を分析した。

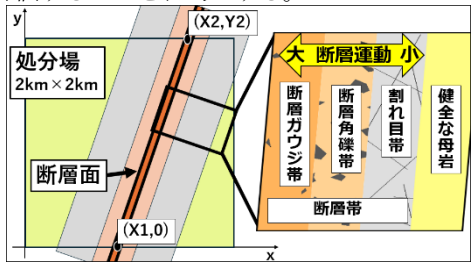


図1 概念モデル

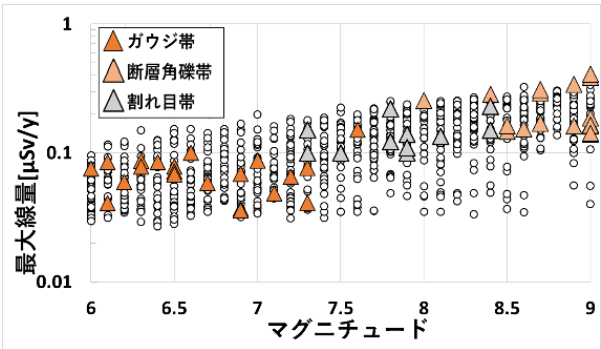


図2 マグニチュードに対する最大線量

3. 結果・結論

モンテカルロシミュレーションによるマグニチュードに対する最大線量の散布図を図2に示す。図2より最大線量は0.02~0.4[μSv/y]の範囲に分布していることが分かる。この値は断層シナリオに対する既往の安全評価[1]における最大線量(27~160[μSv/y])に比べ低い値となっている。これは、既往の安全評価では断層が直撃した廃棄体からの核種の移行は母岩や断層中での移行遅延を考慮せず直接生活圏へと流入するのに対し、ここでは断層を多孔質媒体と仮定して、すべての廃棄体がこの断層中を移行し、移行遅延の影響を受けるためである。また、図2において教師データを用いて各ケースの最大線量に最も寄与する領域(以下「支配領域」)を示した。その結果、支配領域はマグニチュードにより異なり、M7.2以下ではガウジ帯が、M7.2~M8.4では割れ目帯が、M8.4以上では断層角礫帯が支配領域となった。断層角礫帯、および割れ目帯の領域の幅はマグニチュードに依存するため、M7.2以下では断層角礫帯や割れ目帯に位置する廃棄体が少ないことに起因して、ガウジ帯が支配領域となった。一方、M7.2以上では、断層角礫帯や割れ目帯に位置する廃棄体が多くなり、ガウジ帯に位置する廃棄体からの寄与は相対的に小さくなった。特に、M7.2~M8.4では割れ目帯に位置する廃棄体が最も多くなり、最大線量への寄与も大きくなる。断層角礫帯と割れ目帯に位置する廃棄体の移行率は、1本当たりで考えると断層角礫帯の方が高いが、本数の違いを考慮すると領域からの線量の大小関係が逆転するため、割れ目帯に位置する廃棄体からの寄与が大きくなったと考えられる。なおM8.4以上では、断層角礫帯に位置する廃棄体の数が増加し、1本当たりの廃棄体からの寄与も大きいことから断層角礫帯が支配領域となっている。以上のことから、最大線量に対する断層帯の各領域からの寄与はマグニチュードによって異なり、破碎の影響に応じて複数の領域を設定して評価することの必要性が示唆された。

参考文献

[1] JNC(1999),地層処分研究開発第2次とりまとめ,JNC-TN1400 99-023 [2] Lin and Yamashita(2013),Journal of Structural Geology, 57, pp1-15 [3] 金折(2001),応用地質 41, 6, pp323-332 [4] NUMO(2021),包括的技術報告書, NUMO-TR-20-03

*Hiroya Tokusa¹, Keiichiro Wakasugi¹

¹Tokai Univ.