

論文審査の結果の要旨

氏名 辻本 恵一

本論文は 8 章からなる。

第 1 章は序論である。原子力発電所で発生した使用済み燃料を再処理した後に発生する、高レベル放射性廃棄物 4 万体を、地下深部に埋設する地層処分場を、将来建設する事が日本で計画されている。従来は、地層処分の成立性を示すために、単純化、保守化された評価が行われていた。しかし将来の処分場設計では、建設コストの低減等の為に、地質環境に最適化して設計を行う必要があり、現実的な処分場モデルによる解析が必要である。そこで本論文では、①複数廃棄体、②母岩中の亀裂、③地質環境及び物性値の不確実性、を考慮した現実的な処分場モデルの解析を提案している。更に、地球シミュレータを計算環境に利用した、現実的な処分場モデルに特有である解析の大規模性への対応の提案をしている。

第 2 章では、母岩を多孔質媒体でモデル化した、複数廃棄体から構成される処分場モデルの核種移行解析コード (VR コード) の開発について述べられている。VR コードを使って処分場モデルの解析を行い、複数廃棄体処分場モデルに特有である、廃棄体間の濃度干渉効果が評価できることが示された。

第 3 章では、VR コードの現実的な処分場モデルへの適用事例が示されている。燃焼度の異なる使用済み燃料から製造された廃棄体から構成される、廃棄体 4 万体制成の処分場モデルを VR コードにより解析した。その結果、廃棄体毎に燃焼度が異なる効果は、廃棄体間の濃度干渉効果に比べると無視できるほど小さいことが示された。

第 4 章では、VR コードの地球シミュレータへの移植と最適化が述べられている。地球シミュレータのアーキテクチャの階層構造を考慮した最適化手法を適用した結果、高い計算性能が達成された事が示されている。また本論文により、世界で初めて廃棄体 4 万体制成のフル処分場モデルの物質移行解析が現実的時間で実施可能となったことが述べられている。

第 5 章では、母岩中の亀裂を考慮した複数廃棄体処分場モデルの解析コード (FFDF コード) の開発が述べられている。廃棄体 1 体、及び亀裂を含む周囲の母岩を、2 次元の円形体系にモデル化して、地下水及び核種移行解析を行う FFDF コードが既に開発されている。FFDF コードが、複数廃棄体に対応化され、及び、地球シミュレータへ移植された。次に FFDF コードにより、廃棄体 109 体制成の処分場モデルが解析され、処分場モデル中に存在する亀裂数が、処分場特性に対して支配的であることが示されている。又 FFDF コードを用いて、フル処分場の解析に必要な計算量を評価した結果、地球シミュレータを利用しても、現在の FFDF コードでは、廃棄体約 40 体制成の処分場の解析が限界であることが示されている。

第6章では、VRコード及びFFDFコードを組み合わせて実現した、廃棄体100体以上から構成され、母岩中の亀裂を考慮した処分場モデルの不確実性解析が述べられている。解析では、亀裂により連結される廃棄体数、Np-237核種の溶解度、及び、緩衝剤の吸着係数の確率密度関数を入力データとして、処分場モデルの不確実性解析を、地球シミュレータを利用して実施している。解析結果より、核種溶解度の不確実性が、処分場性能（処分場外への核種放出率）に与える影響の方が、影響緩衝剤の吸着係数の不確実性の影響よりも大きい事、及び、亀裂による連結廃棄体数の不確実性が、処分場性能に対して最も支配的である事が示されている。

第7章では、VRコード及びFFDFコードを組み合わせて実現した、複数廃棄体から構成され、母岩中の亀裂を考慮した処分場モデルの不確実性解析が述べられている。解析の手順は第6章と同じであるが、本章では、亀裂による連結廃棄体数、及び、母岩の空隙率の確率密度関数を入力データとして、不確実性解析を実施している。解析結果より、①従来の廃棄体1体構成の処分場モデルは、処分場外への核種放出率を過大評価している、②処分場モデル中の亀裂数が増加すると、処分場外への核種放出率の平均値は増加するが、標準偏差は減少する、③処分場性能には、亀裂による廃棄体の連結、及び、亀裂クラスタ内の濃度干渉効果が影響を与える事が示されている。本論文により、世界で初めて、母岩中の亀裂をモデル化し、廃棄体100体以上から構成される大規模処分場モデルの不確実性解析が可能となったことが述べられている。

第8章では、論文全体としての結論と今後の課題が示されている。

以上を要すると、本論文により開発された解析手法により、母岩中の亀裂をモデル化した、廃棄体100体以上から構成される大規模処分場モデルに対して、不確実性解析が可能となった。この解析手法は、高レベル放射性廃棄物の性能評価、及び、計算環境学の発展に寄与することが大きい。

従って、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上 1,983 字