

A study on the reliability improvement of the safety assessment on the geological disposal based on the enhanced comprehensive sensitivity analysis method

大井, 貴夫

Department of Applied Quantum Physics and Nuclear Engineering, Graduate School of Engineering,
Kyushu University

<https://doi.org/10.15017/25587>

出版情報 : 九州大学, 2012, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



論文要旨

区分	甲	氏名	大井 貴夫
論文題名	包括的感度解析の高度化による地層処分の安全評価の信頼性向上に関する研究		

論文内容の要旨

核燃料サイクルから発生する放射性廃棄物のうち、高レベル放射性廃棄物や超ウラン元素等を含む廃棄物（TRU 廃棄物）のうち放射能の高い一部のものは、地下深い安定な地層に処分（地層処分）される。このような地層処分の安全性は、放射性核種が地表に到達し生物に影響を及ぼすことを想定した様々なシナリオを対象として、物理化学モデルに基づく超長期にわたる計算（安全評価）の結果を線量目標値と比較することによって示される。

これまでの評価では、放射性核種の移行に関わる適切な計算パラメータの組み合わせが選定され、それを用いることによって線量目標を達成することが示されていた。しかし、評価の信頼性を確保するためには、評価の十分性や安全性の程度（安全裕度）を定量的に示すことが必要である。

初期には、個々のパラメータ値を変化させ、計算結果に与える影響を調べる方法（感度解析）により、重要なパラメータを抽出し、その制限値等を示していた。その後、より多くのパラメータを用いた数値計算を行い、結果を統計解析することにより、線量が目標値を下回るパラメータの組み合わせ（成立条件）を得る包括的感度解析手法が開発された。しかし、数値解析を主とした包括的感度解析では、精度よく効率的に成立条件を抽出することやパラメータ間の関連を示すことが課題となっていた。

本研究では、評価の十分性や安全裕度をより明確に示すため包括的感度解析を高度化し、それに基づく新たな安全評価手順を提示することを目的とした。

本論文は全体として8章から構成されている。

第1章では、放射性廃棄物の地層処分に対する要求事項等、本研究の背景と目的について述べた。

第2章では、対象とする放射性廃棄物と地層処分の概念（人工バリアと天然バリアからなる処分システム）について述べた。

第3章では、既存の包括的感度解析手法とその課題および高度化した手法の概要を述べた。既存の手法は、処分システムに大きな影響を及ぼすパラメータを対象として成立条件を抽出するものである。この手法では、個々のパラメータを対象としているため、精度の高い成立条件を網羅的に抽出するために膨大な数の解析が必要となっていた。そこで、本研究では、以下のような高度化した手法を考えた。①複数のパラメータからなり、解析的に分解可能な影響の大きい変数を選定し、それを対象として成立条件を抽出する。②解析解を用いてその変数を階層的に因子、パラメータに分解し、それぞれのレベルでの成立条件を解析的に抽出する。ここでは、影響の大きい変数として、母岩の透水係数、天然バリア中の核種の減衰割合と人工バリアからの核種放出率を選定した。③成立条件を過剰に保守的に見積もる可能性を排除し、成立条件の精度を向上させるため、数値解析に

基づく統計解析の結果も併用した。

第4章では、高度化した手法において使用する解析解について述べた。人工バリアからの核種放出率については、これまで、外側境界濃度が0と見なせる条件において、インベントリの枯渇を考慮した人工バリアからの拡散による放出率を表わす近似解析解が導出されている。この導出は、「拡散による核種移行の場合、放出率の最大値は定常状態の放出率によって与えられる」との仮定と「定常状態での人工バリア内の核種量を初期の核種量と等しい」とする保守的な近似を用いることによってなされた。実際の系においては、人工バリアからの核種放出率は外側境界条件に影響を与える母岩中の水理特性によって変化する。これまで、このような水理特性の影響を反映させた解析解は得られていなかった。そこで本研究では、上述の仮定、近似を外側境界濃度が母岩中の水理特性に応じて変化する系に適用し、人工バリアからの核種放出に関する近似解析解を導出した。

第5章では、成立条件の精度を向上させるために併用する統計解析の結果の処理方法を含め、解析解により理解される処分システムの応答特性に基づく解析条件の類型化、類型化に基づく評価の十分性の検討、成立条件の抽出と安全裕度の算出など、高度化した手法の解析手順を述べた。

第6章では、高度化した手法をTRU廃棄物の安全評価に適用し、解析条件の類型化等に基づく安全評価の十分性や処分システムの安全裕度を例示し、本手法の有用性を示した。

第7章では、高度化した手法を組み込んだ新たな安全評価手順を提案した。これは、解析解によって理解される処分システムの応答特性に基づいて、重要な事象等を確実に考慮することが可能な既存の安全評価手順に、高度化した手法を組み込んだものである。この手順に沿った評価により、処分システムの安全評価の十分性と安全裕度を示せるようになり、処分システムの安全性をわかりやすく、具体的に提示できるようになる。この結果、地層処分の安全評価の信頼性が向上し、事業を合理的に推進できるようになると考える。

第8章では、本研究のまとめについて述べた。