確率論的アプローチに基づく放射性廃棄物処分の最適化手法の適用性

Applicability of the optimization method for radioactive waste disposal based on probabilistic approach

*中林 亮[1]，杉山 大輔[1]
[1]電力中央研究所

ALARA の考え方に基づく廃棄物埋設の規制基準に対応すべく提案した、確率論的アプローチに基づく最適化手法について、要点を説明するとともに、余裕深度処分(中深度処分)を題材とした例題演習を通して手法の適用性について論ずる。

キーワード：放射性廃棄物処分、放射線防護、最適化、不確実性、確率論的アプローチ

1. 緒言

原子力規制委員会は規制期間終了後における廃棄物埋設の規制基準について見直しを進めている。そこでは、ALARA の考えに基づいて、合理的に利用可能な優れた技術の選択を含めた設計が求められ、さらに設計に係るプロセスの妥当性を示すことを求めている[1]。著者らは、この規制要求に対応すべく、確率論的アプローチに基づく最適化手法を提案している[2]。本報では、提案した最適化手法を概説するとともに余裕深度処分(中深度処分)を題材とした例題演習を通して手法の適用性について論ずる。

2. 最適化手法の概要

図に最適化手法の枠組みを示す[2]。本手法では、複数の処分オプション(施設設計・バリア性能などの選択肢)を設定し、確率論的安全評価手法[3]を適用することによって処分オプションごとの被ばく線量の確率分布を取得する。この確率分布の 95 パーセンタイル値が線量拘束値 0.3mSv/y を下回ることで線量基準への遵守を確認する。さらに、各処分オプションについて、最も確からしく公衆が被ばくする線量(最頻値)と、可能性は低いが被ばくしたときの影響が高い線量(不確実性の幅)の情報を取得する。線量低減の観点のみから考えると、線量分布の最頻値が小さい処分オプションが優先されるかもしれないが、長期の処分における不確実性を低減する観点からは、必ずしも線量分布の最頻値が小さい処分オプションが最適とは限らない。例えば、線量分布の最頻値の低減は高いバリア性能を要求することになり、不確実性の低減は工学的な品質管理の程度を高めることや、試験データを取得することを要求することになる。最適な処分オプションの選択においては、これらのバランスを、技術的・経済的要因等を考慮して検討することが重要である。

すなわち、本手法は、確率論的アプローチによって得られる線量の確率分布の最頻値と不確実性幅を、要求するバリア性能や品質管理に関する情報に変換し、最適化検討を可能とすることを意図したものである。

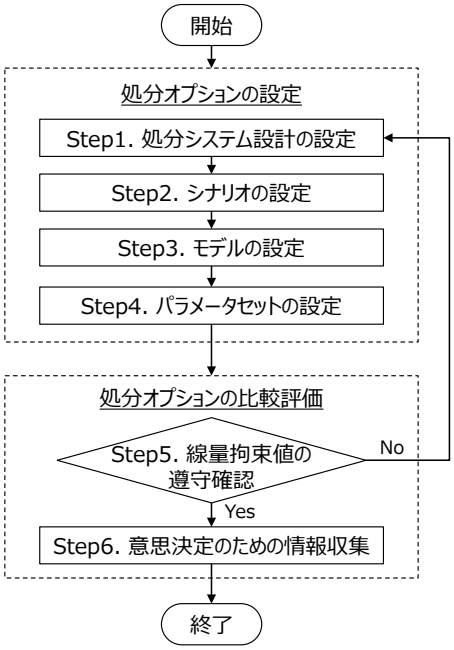

図　最適化手法の基本的枠組み
（[2]を参考に作成）

3. 最適化手法の適用性に関する考察

余裕深度処分(中深度処分)を題材とした例題演習では、材料仕様と施工性の観点から人工バリア(低透水層、低拡散層)の性能値と不確実性の幅を、サイト選定とデータ数の観点から周辺岩盤の性能値と不確実性の幅をパラメータとして複数設定し、これらの組合せで表現した複数のオプションについて確率論的安全評価を試行した。出力である線量分布の最頻値と不確実性幅は、入力であるオプション(に付随するパラメータ)の性能値と不確実性の幅と関連付けて整理できる。すなわち、施工の技術的実績や材料の安定調達、施工管理やデータ取得に係る経済的・技術的な実行可能性の観点で、複数の設計オプションの比較検討が可能である。以上から、本手法は放射性廃棄物処分の最適化に資する方法として有用である見通しを得た。

参考文献

[1] 原子力規制庁, 第二種廃棄物埋設に係る規制基準等の骨子案, 資料 21-1, 2017 年 5 月 18 日
[2] Nakabayashi and Sugiyama, Probabilistic safety assessment to optimize radiation protection in radioactive waste disposal after closure of a disposal facility, Journal of Nuclear Science and Technology [submitted]
[3] Nakabayashi and Sugiyama, Development of methodology of probabilistic safety assessment for radioactive waste disposal in consideration of epistemic uncertainty and aleatory uncertainty, Journal of Nuclear Science and Technology, 53, 2016

*Ryo Nakabayashi[1] and Daisuke Sugiyama[1]
[1]Central Research Institute of Electric Power Industry