

特集「物質移行評価解析(水理解析,人工バリア/天然バリア核種移行,不確実性解析)」 地層処分における不確実性の取扱い

朽山修*

どのような工学システムも、これを社会に導入して実施しようとする際の安全評価においては、必ずその時点での不確実性が残っている。このためこれを実施するかどうかの意思決定は、常にこれらの不確実性が存在する条件でなされなければならない。このような問題はこれまでは、導入された工学の多くが比較的小規模で、その将来挙動の予測を、入手しうるデータを用いた内挿により行うことができたため、それほど深刻に考慮されてこなかったが、導入される工学が大規模複雑化するにつれて、工学システムの個々の要素に付随する不確実性がシステム全体の性能や挙動にどう影響を及ぼすのかを評価することが難しくなり、システムが様々な条件の下でどのように振舞うかを予測することが困難となってきた。これらの困難性は、CO₂その他のガスによる地球温暖化と気候変動や遺伝子改変のもたらす影響等々の分野でも顕著であるが、放射性廃棄物の深地層処分においても、システムの安全性を評価すべき時間枠が極めて長く、評価にかかわる原位置の空間スケールが実験室規模に比べてはるかに大きくかつ接近できないという特徴のため、問題は深刻である。これらの原因により、(1) システムの不確実性(地層処分システムが十分理解されており適切にその特性が把握されているかどうか)、(2)シナリオの不確実性(システムの将来挙動に影響を与え得る事象とプロセスについてのシナリオが適切かつ網羅的に考慮されているかどうか)、(3) モデルの不確実性(処分システムの各要素の挙動を記述するのに用いられる概念モデルが実体を十分正しく表現しているかどうか)、(4) 計算モデルのアルゴリズムが概念的な理解を適切に表しているかどうか)、(4) パラメータの不確実性(用いられるパラメータの値と範囲が適切か、自然界の変動や既存の測定技術の未熟性は正しく把握されているか)といった不確実性が現れる。これらの不確実性は、地質環境など問題とする対象や現象そのものが不確実なばらつきを持っているものや測定技術の不完全さに由来するもの、対象や現象の理解の不足に由来するものなどがある。安全評価は結局のところ意思決定の問題であるので、これらの不確実性の存在は、いずれかの時点で行われる意思決定に影響を与える。逆に言えば不確実性の評価には何らかの価値観が混入する。社会や人間の運命は、最も高い確率の事柄が実現されるのではなく、確率分布のなかのただ一つの点として実現され、個々の出来事が決定論で予測されるとしても、こ

れらが複雑に絡み合ったシステムはカオスの性質を有しており実現される結果は予測不可能である。このため、人々は、回復が困難なほどの被害が及ぶなどの深刻な潜在的リスクがその工学にあり、これに対する評価が不確実である場合には、たとえその実現確率が非常に低くても、予防原則に従ってその実施を認めない。集団による直接投票などの意思決定で、多くの場合現状維持という結果が選ばれるのは、将来予測にかかわる不確実性が重く評価されていることの現れであると考えられる。不確実性の取扱いとは、ステークホルダーや規制当局が適切に意思決定することのできるように、不確実性を低減し、残る不確実性の影響を定量化してわかりやすく記述することである。逆にいえば、不確実性について最も避けるべきことは、その所在や特性を何らかの形で不透明で追跡不可能にしてしまうことである。不確実性を完全に除くことは不可能であるが、安全評価の目指すところは、安全に関する合理的な保証(すなわち将来の挙動を予言することではなく、起こるべき可能性について合理的にその影響を評価すること)であるので、この方針に沿って不確実性を低減、定量化する努力がなされている。これに対するアプローチには、(1) 機構の解明などの科学的真理の追及、(2)感度解析や確率論的手法の適用、(3) 不確実性に影響を受けない(ロバストな)設計や解析の追及、(4) 単純性の追求(簡易型性能評価ツールの開発など)、(5) 計画の進行に科学技術の進展を取り入れることのできる可逆性の確保、(6) 複数の説明原理やモデル、ナチュラリアナログなど、異なる論拠による安全性の提示(セーフティーケースの構築)、(7) what-if シナリオ(合理的には想定しにくいが想像しうる最悪のシナリオ)の提示と解析、(8) エキスパートジャッジメントによる決定過程の追跡可能性の確保、決定過程に入り込む可能性のある専門家集団に内在する偏向の排除、(9) 安全解析における追跡可能性の確保、(10) 同分野や異分野の専門家による評価、国際評価、非専門家との対話、など様々なものがある。いずれのアプローチも列記するのはやさしいが、内容を持って実現するのは難しく、その方法論もまだ確立されているとは言い難いし、それぞれについてまだ多くの議論がある。この特集を通じて、この分野の進展がもたらされることを期待する。

Accounting for Uncertainty in Geological Disposal by Osamu Tochiyama (tochio@tagen.tohoku.ac.jp),

* 東北大学多元物質科学研究所 Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University
〒980-8577 仙台市青葉区片平二丁目1番1号

