

5. 遠い将来の安全性を確かめます

火山や断層活動などの影響を受けない場所を選び、処分に適した地層に人間が考え出した人工バリアを加えて処分すれば、放射性物質を長期にわたって閉じ込めて、人間の生活から隔離することが可能です。

地層処分は、ものの変化がきわめてゆっくりで、長期間にわたって環境が安定した地下深部の地層を活用するものですが、この方法が本当に安全なものであるかどうかを判断するためには、遠い将来の安全性を確かめる必要があります。そこで、私たちの経験や歴史をはるかに超えた時間スケールの中で安全性を判断するという、新たな挑戦が必要になります。これが、地層処分の安全評価の目指すところです。

それでは、どのようにして安全性を確かめるのでしょうか。

再処理工場や原子力発電所の安全性は、実物大模型などを使った実験や実プラントの運転により直接的に安全性を確認することができるのですが、地層処分は広大な天然の地層をバリアとして含み、数万年以上の長期にわたる安全性を確かめる必要があるため、直接的に確認することはできません。このため、その評価は将来の予測に基づいた数学的な解析による間接的なものになります。ここでの予測とは、将来を完全に言い当てることではなく、不確実なことも含めて余裕を持って将来を示すことなのです。

何万年もかかる現象ですから、小さな事象に分割して実験し、シミュレーションを行い、これを基に処分場の性能を評価します。それにより、放射性廃棄物の放射線による生活圏への影響を数値で表すことができます。

5.1. まず、遠い将来の予測を行います

地層処分の安全評価は遠い将来の安全性を確かめることですから、処分を行おうとする地下環境の将来を予測する必要があります。それでは、私たちの経験や歴史をはるかに超えた時間スケールの中で、この将来をどのように予測するのでしょうか。

まず、地下深部の地層は、日本では数万年以上、数億年にも及ぶ非常に長い期間の過去の動きを反映しています。この動きは、非常にゆっくりとしたものであり、その傾向は今後10万年程度では変わらないと考えられていることから、比較的長期にわたる将来の地下の環境を予測することは可能だと考えられています。

それでは、私たち人間が作り出す人工バリアについてはどうでしょうか。

人工バリアとそのほかの人工物（ビルや橋など）との大きな違いはそれが置かれる環境です。私たちの作り出すほとんどのものは地表に設置されます。地表で起こることは多

種多様でその変化も早く、将来予測は大変困難です。しかし地下深部では、すべての変化がきわめてゆっくりとしていることから、私たちが作り出した人工バリアも地下深部に埋設することにより、その変化は非常にゆっくりとしたものと考えられます。地下の環境を想定した基礎的な実験を行うことによって、人工バリアで生じる現象を理解して将来予測ができるのです。安全評価では、私たちの知見をもとにして、こうなるかもしれないといういろいろな筋書き（シナリオ）を考えて、将来の予測が行われます。

5.2. 将来の不確実なことは、安全性に悪い影響を与えるように仮定して評価します

それでは、地層処分の将来を予測するにあたり、地層処分に係わる多くの現象のすべてを想定し、遠い将来を予測することが可能なのでしょうか。

将来予測のためにシナリオをなるべく網羅的に考えるためには、まずは、地層処分の安全性に影響を与えるかもしれない現象を、地質学、地球科学、材料科学など関連する分野の科学的な知見や専門家の意見をもとに洗い出します。次に、これらの現象が本当に起こる可能性があるのかどうか、また起こった場合には、地層処分に与える影響がどの程度なのかを、ひとつひとつ検討していきます。

しかしながら、すべての現象について、遠い将来の状態を予測することは最新の技術を持ってしても困難なこともあります。ですから、それぞれのシナリオに基づく安全評価では、わからないことについては、地層処分の安全性に悪い影響を与えるような仮定をして安全評価を行います。

このように、必ずこうなるという予測ではなく、わからないことについては余裕をもって、保守的に仮定するような予測なのです。そして予測の範囲については、海外も含めて、最新の研究成果をもとに幅広い専門家によって議論されます。また、新たな科学技術的な知見は積極的に評価に取り込み、予測の妥当性を常に確認していきます。

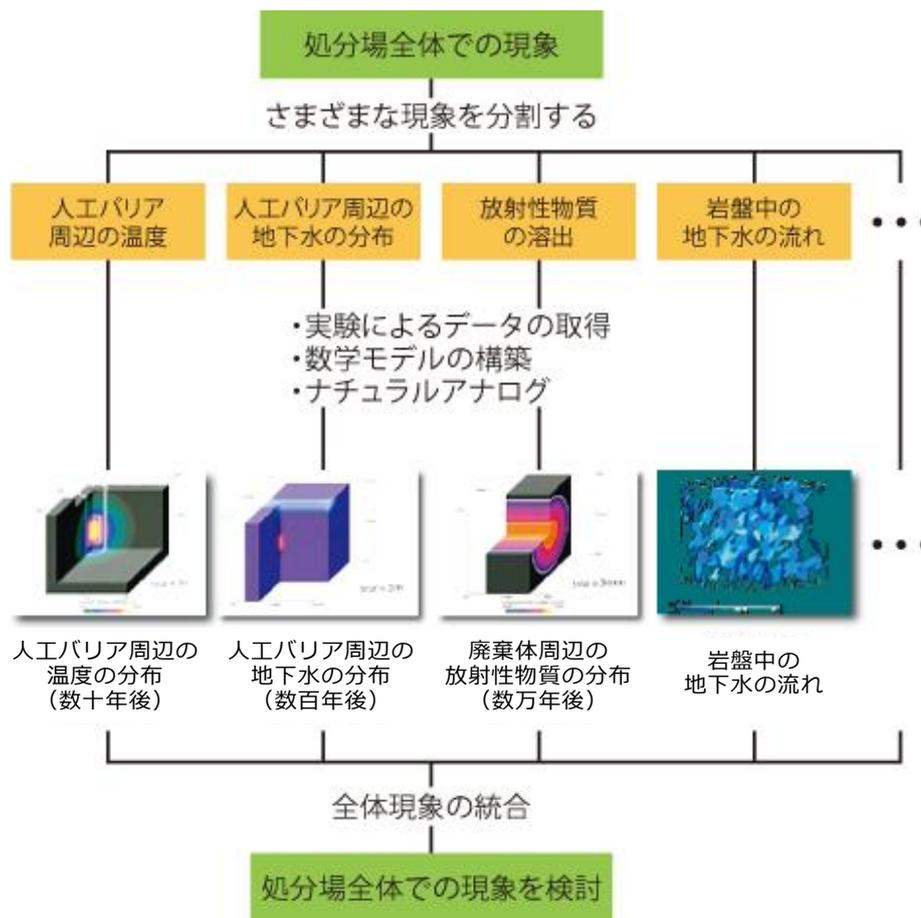
5.3. 何万年もかかる現象は小さな現象に分割して実験し、数学モデルでつなぎ合わせ評価します

地層処分の安全性は直接確認できないために、数学的な解析により間接的に確認しますが、それではどのように行っているのでしょうか。

例えば、処分場から地表まで、放射性物質が地下水によって非常に長い時間をかけて移動する可能性が想定されます。このような長期的でスケールの大きい現象の全体を私たちが経験することはできません。しかし、この現象を、人工バリア周辺の温度変化や地下水の流れ、ガラス固化体からの放射性物質の溶出、そして岩盤中の地下水の流れというように個々の現象に分割すれば、それぞれを実験的に再現して観察しデータを取るこ

ともできますし、また、それぞれの現象について、長い時間継続しているよく似た自然現象（ナチュラルアナログ）を観察することによっても確認できます。

それぞれの現象を数学的なモデルとして表現し、実験的なデータに基づいて入力する値を決めれば、個々の現象を計算により予測することができます。また、個々の現象のシミュレーションを統合することで、複合した現象を計算により予測します。これらの計算結果の妥当性を、より大きな規模の実験や観察と比較することにより確かめることもできます。このような方法で、時間的にも空間的にもスケールの大きな処分場全体の現象について評価することができます。



数学モデルを用いたシミュレーション

(核燃料サイクル開発機構 (現 日本原子力研究開発機構) ホームページを一部参照)

5.4. 安全評価によって処分場の性能を確認します

安全評価は、地層処分という大きなシステムが、私たちが期待する性能を発揮するかどうかを確かめるために行うものです。性能を判断する尺度として、被ばく線量（単位はシーベルト）が多く用いられます。これは、放射線による私たちの体への影響の程度を

示すものですが、安全評価の結果で注意しなくてはならないのは、このような人体への放射線影響が実際に必ず生じるということを意味しているのではないという点です。

安全評価は、地下深くにある放射性物質がもし将来人間に影響を及ぼすとしたらどういふシナリオがあるかをまず考えて、そのシナリオに基づいて行われます。このシナリオでは地層処分の安全性に悪い影響を与えるような仮定をあえて考えることにより評価を行います。この意味から、安全評価の結果は、将来人間が受ける線量を予測しているのではなく、地層処分の安全性を確かめるための材料を提供しているのです。

では、その安全性を判断するための基準はどのように決めているのでしょうか？

何万年先の人類は、体の作りや生活習慣も変化しているかもしれませんが、将来の世代も現在の私たちと同じ体で同じ生活習慣だと仮定し、現在の世代と同じレベルで放射線から防護されるべきであるという考え方が国際的に合意された原則です。この原則に基づいて安全基準が制定されます。そして、評価結果をこの基準と比較することによって、地層処分システムの安全性が確認されるのです。

5.5. 放射性廃棄物の放射線による生活圏への影響は、自然放射線よりもはるかに小さいものです

放射性物質の取り扱いや、原子力利用により発生する放射性廃棄物の安全な取り扱いのために、どの程度の被ばく線量までなら許容してよいかという基準値の設定は重要なことです。世界各国はそれぞれの基準を作成していますが、国際放射線防護委員会(ICRP)は、各国における基準の作成のための国際共通的な考え方を示しています。

地層処分を行う放射性廃棄物の中にはさまざまな放射性物質が含まれていて、それらが放出する放射線が人間の生活環境へ影響を及ぼさないようにすることが地層処分の安全確保の中心的課題となっています。

地層処分の場合には、放射性物質は、地下 300 メートルより深い地層中に人工バリアと天然バリアからなる多重バリアシステムの中にしっかりと閉じ込められます。また、将来的に放射性物質が処分場から出たとしても、ゆっくりとした地下水の流れの中を途中で地層中に吸着されながら移動し、その間にも放射性崩壊により減衰するため、最終的に生活環境に到達する放射性物質の量はわずかです。

地層処分による放射線の影響は、そのような極々少量の放射性物質からの放射線による被ばくを考えることになります。その被ばく線量は、自然放射線による被ばく線量に比較してかなり低い値になっているため、私たちを含め環境への影響は無視できる程度のものであるのです。