

NUMO「包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現」（レビュー版）
 に関する外部専門家向け説明会（大阪会場）：頂いたご意見とご質問への回答

セッション3：処分場の設計と工学技術	
ご質問・ご意見	回答
<p>処分場を閉鎖しないで回収可能性を維持した場合の影響評価結果について教えてもらいたい。</p>	<p>処分場の閉鎖は、放射性廃棄物を地上施設から地下に搬入して埋設するために、掘削した立坑や連絡坑道、処分坑道などを最終的にすべて埋め戻した状態にし、地上と地下の埋設場所との経路を遮断することで完了する。一般に回収可能性は、こうした様々な坑道をできるだけ埋め戻さないで維持する方が高まるが、坑道を開放しておくことで地上から流入する空気にさらされることにより、本来は還元性の地下環境に酸化環境の領域が広がることでオーバーパックの腐食や核種の溶解性など閉じ込め機能を低下させる可能性がある。また、廃棄物を埋設する処分坑道を埋め戻さないと、湧水により緩衝材が流出し、緩衝材に期待される安全機能に悪影響を及ぼすことが想定される。このように、回収可能性を高めようと坑道を開放しておくことで閉鎖後の処分場の安全機能を低下させるとともに、維持管理の観点でも負担が大きくなるといったトレードオフが生ずる。現時点では、こうした様々な影響を検討したうえで、処分坑道は廃棄物の埋設が完了したものから逐次埋め戻す、一方、連絡坑道については回収の容易性の観点から埋め戻さないで維持するという考え方を採っている。実際にサイトが明らかになれば、その場所の地質環境やそれに応じた処分場の設計、建設・操業プロセスなどを勘案してより詳細に検討を行う。</p>
<p>回収可能性を要件として設定したとのことだが、諸外国、特に処分地が決定したフィンランドやスウェーデンでは、回収可能性をどのように取り扱っているのか教えてもらいたい。</p>	<p>フィンランドでは最終処分地の決定に際して、政府により回収可能性が要求されたほか、廃棄物の回収が必要になった場合には現実的な方法で廃棄物を回収できるように設計することが規制基準で求められている。また、スウェーデンでは規制基準において回収を容易にする措置（または困難にする措置）による安全性への影響の報告を義務付けてい</p>

	<p>る。この他、例えばフランスでは法律で 100 年以上の可逆性を確保して回収可能性が容易となるように処分場を建設することを定めている。このように、回収可能性については、諸外国において何らかの形で検討されており、安全性の観点から規制基準などで規定されているケースが多い。</p>
<p>人工バリアの設計は、様々な基礎データを使用する。例えば、オーバーパックの厚さは腐食速度の値等に基づき設定される。したがって、設計は基礎データの値により異なることになる。そのため使用する基礎データの信頼性がどの程度かを定量的に評価することが重要と考える。NUMO の基礎データの信頼性の取り扱いについて教えてもらいたい。</p>	<p>人工バリアを含め、処分場の設計に用いる基礎データは、実験室やフィールドで取得された実測値をもとに、それらの試験条件を勘案し、設計で想定される条件に応じた種々の不確実性を考慮して十分な安全裕度を持たせて与えている。こうした基礎データの信頼性の確保にあたっては、上記データの設定プロセスが追跡性を持って示されることが重要である。包括的技術報告書においては、設定値のもととなる実測値については査読論文などに示されたレビューを受けているものをできる限り採用し、可能な場合には統計的処理によって、あるいは、専門家の判断によって、不確実性を考慮し設計に用いる基礎データを設定している。こうした設定の妥当性については外部の専門家に意見聴取を行っている。基礎データの信頼性は、こうしたプロセス全体が合理的なものであるということに依拠しており、そのなかには定量的および専門家の判断という定性的な評価を両方含んでいる。</p>
<p>設計に使用する信頼性の高い基礎データを整備するためには、データを取得する側と使用する側の連携が非常に重要と考える。そのための、コミュニケーションの枠組みなどについて教えてもらいたい。</p>	<p>基礎データの整備には試験による実測値の取得が伴い、これは NUMO だけで実施するというものではない。実際のデータの取得にあたっては、関係する基盤的研究開発機関との連携について資源エネルギー庁が主宰している地層処分研究開発調整会議の場や、大学などとの共同研究という枠組みを利用して進めている。今後はさらに学会の協力も得ながらコミュニケーションの枠組みの強化を図っていくことを考えている。</p>
<p>ナチュラルアナログを用いた推定などは考えているか。</p>	<p>ナチュラルアナログは特に実験室や原位置での試験で実証できない、長期に及ぶ処分場のふるまいに関する予測解析や核種移行解析における仮定や使用するモデルあるいはデータの妥当性を傍証するものとして重要と考えている。報告書の第 7 章にナ</p>

	<p>チュラルアナログによる傍証例を示し、今後公表を予定する付属書に詳細を取りまとめている。</p>
<p>設計する時に安全率を考慮することが一般的に行われるが、NUMOでは安全率をどのように考えているのかを教えてください。</p>	<p>例えば構造健全性の評価など、処分場の設計においても参考にできる規格・基準があるものはそれを参照し安全率を設定している。こうした参照を行うことができない場合については、設計要件への適合性を判断するための指標と目安、およびその根拠となる考え方を示したうえで十分な裕度を確保した設計とした。ここで、人工バリアに求められる様々な機能を満たすよう、総合的に配慮して設計を行うため、個々の要素にそれぞれ安全率を設定するという方法はとっていない。</p>
<p>設計フローにおける評価項目と工学的対策についてどのように整理しているのかを教えてください。</p>	<p>設計した処分場の構成要素の機能低下につながる可能性がある様々な影響事象を評価項目として抽出し、これらに対して要求された機能を満足できるかどうか、機能低下の可能性がある場合には工学的に対応可能かどうかを検討するという流れである。</p>
<p>廃棄体パッケージ容器に、オーバーパックと同様な定量的な要件を設定しているかどうか教えてください。また、水素ガス発生の問題をどのように取り扱っているかを教えてください。</p>	<p>廃棄体パッケージ容器については、第2次 TRU レポートで示されているような蓋なしのものだけでなく、操業期間中の閉じ込め性を高めた蓋付きのものを検討し、耐食性、構造健全性の要件を設定している。現時点では、この蓋付きの容器に、オーバーパックのような処分場閉鎖後の物理的閉じ込め(地下水との接触抑制)機能を設計要件として設定していない。ただ、閉鎖後の安全評価では設計仕様に基づいて想定される破損期間を考慮に入れて核種移行解析を行っている。</p> <p>水素ガスについては、一部のセメント固化した廃棄体や、廃棄体パッケージ内および廃棄体パッケージ間の充填材に使用することを想定しているモルタル中に含まれる水分の放射線分解によるものを考えている。水素ガス発生量を算出するために利用可能な数値データは限定的であったが、放射線分解によるガス発生量を見積って、廃棄体パッケージ容器の内圧増加による影響や可燃性ガスの基準に対する操業期間中の処分坑道内のガス濃度を評価して、安全確保できることを確認している。</p>
<p>スウェーデンの地下研究所に見学に行った際、坑</p>	<p>坑道を埋め戻すまでの湧水は、地質環境の違いから</p>

<p>底にたまった水をポンプでくみ上げていた。地下水は工事中だけではなくその後も出てくると思うが、どのように考慮しているのかを教えてください。</p>	<p>スウェーデンよりも日本の方が多くなると想定されるので、湧水に対してはポンプによる排水とグラウトによる湧水抑制を対策として考えている。どちらを選択するか、あるいはどのように組み合わせるかについては、処分場閉鎖前の安全性や建設・操業の容易性ととも、経済性の観点などを考慮して決めることになる。</p>
<p>福島第一原子力発電所事故への対応として、汚染した地下水の排出を抑制するための対策として地盤を凍らせ、新たな地下水の浸入を防ごうとすることもなされている。このような対策は処分場の操業期間中といった短期間では可能性があるものの、10万年とか、100万年といった閉鎖後の長期の段階において、地下水の浸入についてどのような対応をとるのかご教示いただきたい。</p>	<p>サイト選定にあたっては、人工バリアを設置し廃棄物を埋設する処分場の地下施設を建設する地下深部の岩盤（母岩）において、一般に地下水の流れが非常に遅いことを調査によって確認する。処分場を建設・操業するために、地下に坑道を掘削し、これを維持している期間には、周辺母岩から坑道に向けた地下水の流れが生ずるが、坑道の閉鎖にしたがって徐々に地下水位が回復し、閉鎖が完了した後は母岩中の地下水の流れが非常に緩慢な元の状態に戻る。さらに、人工バリアとして設置されるオーバークラッドによって、ガラス固化体の放射能や発熱の高い少なくとも処分後1,000年の間は地下水とガラス固化体の接触が抑制されるとともに、低透水性の緩衝材中では処分後長期間にわたって地下水の流れがなく物質の移動は拡散に支配されるようにしている。これらによって、廃棄体から地下水へ放射性核種が溶解したとしても、人工バリアの外側へ移行するまでに長い時間を要し、これに加えてその外側の地質媒体により、人間の生活圏に至るまでには放射性核種が十分に減衰して、安全上問題のないように設計されている。</p>
<p>緩衝材の自己シール性は設置時の隙間を埋めることに限定して論じられているようであるが、以前には、周辺母岩の微小亀裂についてもこの性質によって緩衝材が充填されることを考慮していたと記憶している。この点についてはどのように考えているのか教えてください。</p> <p>この点に関連して、ベントナイトが亀裂を埋める際、埋まるというプラス面と、緩衝材の密度が減るというマイナス面を考慮する必要がある。</p>	<p>人工バリア周辺の母岩の細かい亀裂への緩衝材の侵入についてはある限られた範囲で生ずるものと考えられるが、安全評価上は亀裂を充填して核種移行を抑制するという効果は考慮していない。また、これによって人工バリアの緩衝材の密度が安全機能を損なう程度まで減少することは想定していない。地下水との反応による緩衝材の変質やコロイド形成などを考慮し、長期的な現象として微小亀裂中への緩衝材の侵入プロセスをより定量的に取り扱うための研究が関係機関においても研究が続けら</p>

	<p>れているところである。自己シール性として取り扱っている設置時の隙間の充填に関連しては、パイピングによる緩衝材の流出現象について廃棄体の定置基準に設定して評価している。</p> <p>なお、第2次取りまとめにおいても、岩盤亀裂への緩衝材の侵入は自己シール性に関する設計要件とはされておらず、緩衝材の岩盤亀裂への侵入を解析的に評価した結果として、設定した緩衝材仕様の密度が10 万年後で92%、100 万年後で80%程度に減少するという結果が示され、長期的な緩衝材の機能を大きく損なうことはないとされている。</p>
--	---

以上