

放射性廃棄物処分におけるバックフィルの利用に関する国際ワークショップ<sup>†</sup>佐藤努<sup>\*\*</sup>, 柴田雅博<sup>\*\*\*</sup>, 市川康明<sup>\*\*\*\*</sup>

1998年5月4日から5月7日にかけて、米国ニューメキシコ州カールスバッドにおいて、標記ワークショップが開催された。同ワークショップは英国（イングランドおよびウェールズ）環境庁(EA)と米国エネルギー省(DOE)・カールスバッド地区事務所(CAO)が共同して主催したものである。両機関が共同で主催した背景として、EAは規制側の立場から英国の低中レベル処分場で考えられているセメント系材料に関する研究プログラムを立ち上げており、本年その報告書を発行するにあたり最新の知見と問題点の確認をしたいことと、米国エネルギー省が米国環境保護庁(EPA)の Waste Isolation Pilot Plant (WIPP)へのライセンス許可を目前としたこの時期に、WIPP サイトの地で、酸化マグネシウム (MgO) というバックフィル材を選定してきた実績を披露したいといった思惑もあったと思われる。

ワークショップの目的として、(1)バックフィル材料の選定、利用、長期挙動、最適化に関係する重要なプロセスの確認、(2)各国の研究プログラムで取り組まれてきた研究課題の確認、(3)性能評価におけるバックフィル材料への要求・戦略の確認、(4)取り残されている重要な不確定事項の整理と残された研究課題の確認、(5)バックフィル研究機関の国際協力の推進、の5テーマが掲げられていた。これらはいずれも我が国を含む参加各国において、有益かつ重要な課題である。

参加国は12ヶ国（ベルギー、カナダ、中国、フランス、ドイツ、日本、韓国、スウェーデン、スイス、ウクライナ、英国、米国）、参加者42人で、そのうち日本からの参加者は我々3人であった。

ワークショップは初日にWIPPサイトの見学を行った。WIPPでのバックフィルは、従来は、岩塩とベントナイトの混合物等も検討されていたが、最終的にはMgOの単独利用となっている。MgOの利用の主たる目的は、pHをコントロールする化学バッファーである。有機物の分解により発生するCO<sub>2</sub>によるpHの低下が懸念され、その結果としてアクチニドの溶解度が上昇するのを防止す

るためである。廃棄物中の全有機物がCO<sub>2</sub>に変化した量と反応するに足る量のMgOが処分場に設置される。工業的に生産されている粒径1mm程度のMgOを長さ50cm直径20cm程度のサックに入れドラム缶同士の隙間に設置し、さらに、3段積みしたドラムの上にも大きな袋を載せる。バックフィルはこのMgOのみであり、残りの空間は残したままにしておき、岩塩のクリープにより埋まるのを期待することとであった。WIPPにおけるMgOの利用は、サイトの安全評価の結果、上記のアクチニドソースターム問題が浮上し、非常に限定された設計要件のもとに選定されたものである。

ちなみに、WIPPの評価シナリオで最も厳しいのは、deep drillingによるhuman intrusion（人為的侵入）である。これは、付近には石油、天然ガスおよびカリウム鉱物が資源として存在し、工業的に採掘されているためである。このシナリオではバックフィルの透水性や核種の収着性能は、評価上ほとんど有効ではないことになる。

2日目には参加各国の処分概念とバックフィルの利用についての報告があった。各国の報告を通じて、各処分プロジェクトの中でのバックフィルに対する設計要件は、対象廃棄物、処分コンセプト、処分場母岩等により一致しないものの、各プロジェクトが、それぞれのバックフィル材料に対して「期待する性能」「期待しない性能」が整理された。また、各国のプロジェクトで、実施されてきた、あるいは実施中の研究項目が明らかされた。この中でベルギー、日本、韓国等から長半減期陰イオン核種の移行を遅延させるような材料の必要性が主張された。これに対しては、他の参加国からも安全評価上問題となっているという意見が多数示され、これを解決するためのバックフィル材料の探索や創製が緊急課題であることをあらためて痛感した。

3日目は、テーマを定めたテクニカルセッションが行われ、(1)バックフィルの利用および選択の理論的根拠、(2)バックフィル材料研究の現状、(3)性能評価におけるバックフィルの取り扱い、(4)バックフィルの規制評価へのアプローチ、と題して発表とディスカッションがなされた。

テクニカルセッション(1)では、どのようなバックフィル候補材料をどのような目的で使用するのかについて整理された。また、バックフィル材料を選択した際に、その材料が最適である根拠を示す方法について多数の意見交換がなされた。テクニカルセッション(2)では、セメント、岩塩、酸化マグネシウム、アパタイトについての研究状況が紹介された。特に、放射性廃棄物処分における

<sup>†</sup> Report on International Workshop on Use of Backfill in Nuclear Waste Repositories by Tsutomu Sato (sato@sparclt.tokai.jaeri.go.jp), Masahiro Shibata and Yasuaki Ichikawa

<sup>\*\*</sup> 日本原子力研究所環境安全研究部 Department of Environmental Safety Research, Japan Atomic Energy Research Institute 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4

<sup>\*\*\*</sup> 動力炉・核燃料開発事業団地層処分開発室 Geological Isolation Technology Section, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33

<sup>\*\*\*\*</sup> 名古屋大学工学研究科地圏環境工学専攻 Department of Geotechnical and Environmental Engineering, Nagoya University 〒464-8603 愛知県名古屋市中種区不老町

セメント利用研究の第一人者、英国アバディーン大学 Glasser 教授の講演では、セメントの利点・欠点が簡潔に整理されており、日本の高レベル・TRU廃棄物処分でも問題となっているセメントの取り扱いを考える上で非常に参考になる講演であった。テクニカルセッション(3)では、バックフィルの性能評価における不確定項目(シナリオ、概念モデル、パラメータの不確定性)が整理された。また、ナチュラルアナログデータの、性能評価の観点からの利用可能性について、実例を挙げながら整理された。テクニカルセッション(4)では3カ国の規制当局から(英国 EA, 米国 NRC, 仏国 IPSN)の報告があった。規制側がどのように独自性を保って評価するのがディスカッションポイントとなっていたが、明確な結論は得られなかった。

ちなみに、3日目の冒頭に全参加者に、ワークショップで得られる情報として期待する項目を1人1つづつリストアップする作業を行った。それらの項目をグルーピングすると、比較的多くの人が挙げたものとして、バックフィルの仕様の最適化手法があった。すなわち、性能評価上の要求性能、コスト、工学的実現可能性等を考慮して最適化する体系的な手法の確立が課題であるとのことである。また、材料間の相互作用を含め、各材料の長期的変化に対する科学的理解とその性能評価上の取り扱いといったことにも参加者の関心が持たれていることが分かった。

最終日には、前日までの議論を受け、「バックフィルの選択と最適化」「バックフィルの化学的特性および機能」、「バックフィルの物理的特性および機能」という3つのテーマで小ワーキンググループに別れてのディスカッションとワークショップ全体のまとめが行われた。

「バックフィルの選択と最適化」では、各プロジェクトにおいてバックフィルへ期待しているものが異なるために、一般化した議論として、最適化のための体系的な手法について大枠のスキームを作成した。具体的な例題を設定して検討を試みたが、時間の制約もあり詳細の議論には至らなかった。たとえば、複数の要求をどのようにトレードオフするのか、多重バリアシステムとしての評価の中で、どのようにバックフィルへの要求性能を定量化するのか、等である。

処分プログラムのどの時点において仕様を明確にすべきかについても議論し、処分コンセプトの設計段階での設定、サイト選定と特性調査の過程での見直し、ライセンシングに対しての見直し等の必要性を確認した。WIPPではサイトは以前から決定していたにもかかわらず、最終段階で MgO バックフィルへの変更が必要となった。これは、バックフィルの設計と最適化の難しさを示すものであり、様々なオプションの用意とそれらの基礎データの必要性を感じた。

「バックフィルの化学的特性および機能」のグループでは、バックフィルに求める化学的緩衝性能、求めない化学的緩衝性能の詳細をまとめ、個々のバックフィル候補材料(ベントナイト、セメント、MgO)の性能に関する不確定事項や性能を立証する方法等について議論した。処分サイトの岩盤の種類や安全評価上問題となる核種の違いから、バックフィル選定に際し求める化学的緩衝性能は各国様々で多岐に渡ったが、性能を議論する際に考慮すべき化学的緩衝項目のリストアップにつながった。また、バックフィル選定の理論的根拠を提示する際の「ロジックチャート」を小ワーキンググループとして提案し、それに沿ったデータ収集の必要性を確認した。本ワーキンググループの議論の過程で驚かされたのは、核種の収着に関しては不確定事項が多すぎるので、収着性は付随的に期待する(あまり期待しないと考えた方がよい)意見が多かったことである。溶解度を小さくすることによって処分場からの漏洩を最小限にできるTRU核種はともかく、ある程度の収着性を期待しないと安全評価上問題となる核種(特に長半減期陰イオン核種)に対する関心度が各国間でかなり異なっていることを痛感した。最も不確定な事項として懸念しているのが、バックフィルの長期挙動(長期安定性)であることを認識することができたことや、最適化に当たって「価格/利益」比をどう定量化するかを議論できたことの意義も大きかった。

「バックフィルの物理的特性および機能」のグループでは、粘土、セメント系材料、岩塩、複合材料の4つの材料に対して、期待される物理的機能(止水性等)、その機能の基となる物理的特性、現時点における現象理解のレベルについて整理した。

粘土、セメント系材料に対する課題として挙げられた項目として、実験室規模での理解は進んでいるが、時間および空間スケールをどのように処分システムに適應させるかということがあった。

最後のまとめのセッションでは各小ワーキンググループからの報告があり、その後、今後の研究協力の進め方について議論された。研究の重複を避け、効率的な研究を進めるために、今回のワークショップのような情報交換を継続的に実施することが重要であることが認識され、OECD/NEAを事務局とするプロジェクトとするように働き掛けることとなった。また、身近で可能なことから始めてはどうかということで、今後進めていくことが必要であると認識された課題について、各国各研究機関の現在の実施状況、予定を調査し、一覧表を作ってはどうかという提案があり、本ワークショップの事務局(EA)が検討することとなった。

本ワークショップに参加してバックフィル材料に要求する性能、要求しない性能、有効なバックフィル候補材料とその性能について幅広い情報を得ることができたこ

とや、バックフィル材料の選定や最適化作業に必要な考え方や手順について意見を交換できたことは有益であった。

日本で進められているバックフィルに関する研究は、セメント系材料とベントナイトを中心とする限定的なものであり、原位置の状況に合わせた最適なバックフィルの選択や、さらには、工業的に調整した複合材料系バックフィルの製造等を視野に収めた広範なバックフィル研究が待たれると痛感した。

なお、本ワークショップの成果は、来年以降にプロシーディングとして公表される。