

欧州の地下研究施設における大規模実証試験の調査・分析

Nagra 正会員 ○榊 利博, Irina Gaus, Stratis Vomvoris
原子力発電環境整備機構 正会員 吉村 公孝, 西尾 光, 出口 朗

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物等の地層処分事業では、処分場選定の技術的、科学的な判断材料の取得や事業許可申請に向けた調査・試験を実施するためにはこれまでの様々な研究成果を含めた戦略的な活用計画が必要である。スイスの高レベル放射性廃棄物等の地層処分実施主体である Nagra は原子力発電環境整備機構 (NUMO) と共同で、地層処分を推進する欧州諸国を対象に、これまでに地下研究施設で実施された様々な研究活動を対象に、調査・試験計画策定の考え方、実施内容、得られた成果と課題等について包括的な情報収集を行った。本論では、各国の地下研究施設 (URL) での活動のうち大規模実証試験に着目し、計画、目的設定、結果の最適化、経験などの見地から大規模実証試験を成功させるための要因を過去 30 年の実績について検証した。地層処分事業を推進する際の様々な段階における URL の全体的な役割の中で、大規模実証試験がどのような役割を果たすかについて分析した。

2. サイト選定期間の大規模試験の実施の必要性と実施体制

処分事業の初期段階において母岩が選定される前の URL 活動はいわゆるオフサイト URL において実施されるが、その調査・試験活動の実施理由には、①セーフティケース構築に向けた不確実性の低減、②岩盤特性を把握するための調査・試験、③処分・建設・操業技術の技術開発、性能確認ならびに実証、④技術力の向上が挙げられる。ここで特定の試験活動を実施するか否かについての判断は、これらの要因がどのような組合せになっているかによってその基準も異なる。これらの要因の重要性は地層処分事業の進捗状況によって変遷する。

大規模試験を新規に計画・実施するにあたって、目的を設定する際の専門知識、予算や施設など様々な面で国際的協力によって分担することが有利であるとのコンセンサスが得られているが、その関わり方はケースごとに異なる。しかし、目的が母岩や処分場の処分概念に強く依存する場合、または結果を得るまでの時間的な厳しい制約がある特定の試験等については各機関が自ら実施する必要がある。欧州での特徴としては処分概念や処分計画自体が現段階で国ごとに異なっているにもかかわらず大規模実証試験では協力体制ができてきていることである。例えば、EU では様々な国際プロジェクトを実施しているが、そこでは各国の実施主体が自国の処分概念と完全に合致していないような大規模実証試験プロジェクトにパートナーとして参画し、必要な知見を共有できるような体制になっている。

図 1 に大規模試験の実施に際しての各段階における実施体制およびマイルストーンを示す。基本計画段階はプロジェクトマネージャ、R&D 責任者、そして最低一人の技術専門家からなるコアチームによって実施する。設計段階以降の実施体制や構成は実験の目的や規模が明確に定義された時点にて順次決定する。



図 1 大規模実験の全実施期間における主な段階、概略の期間 (実験の種類に大きく依存)、実施体制。R&D: 技術開発責任者、PM: プロジェクトマネージャ、TE: 技術専門家

キーワード 高レベル放射性廃棄物, 地下調査施設, 調査試験技術, 大規模実証試験

連絡先 Hardstrasse 73, 5430 Wettingen Switzerland, ISP Division TEL: +41-56-437-1337

3. 大規模試験の選定および実施タイミング

大規模試験はその実施期間は数十年に及ぶものもあり、その計画や実施に関する判断は実施機関に対して重要な戦略的および予算的な影響を与える。したがって、設計や安全基準などに基づいた試験の目的を明確に定義することは大変重要である。しかしながら、どのような試験が必要となるかについては地層処分事業の進捗によって大きく左右される。

事業の比較的初期の時点では、例えば熱—水—応力過程の検証のようなセーフティケースの構築における不確定要素の低減を目的として、大規模実証試験が実施されるのが一般的である。また、類似母岩における施設の建設に関する技術の性能確認なども必要になる。事業許可取得に向けた事業の後期では、大規模実験の目的としては技術および処分施設の全ての構成要素の性能確認となる。処分場の建設開始直前には 1:1 スケールの実規模実証試験なども必要となる。

4. オフサイト URL での大規模実証試験の一例

スイスの事例として、GAST (gas permeable test) 試験はスイスのグリムゼル試験場において実施中の低レベル廃棄物処分場でのガス透過型プラグの大規模実証試験である。スイスの低レベル放射性廃棄物の処分計画においては、ガス透過型プラグは大変重要な構成要素であるため、ガス発生に伴うガス圧が蓄積しないことおよびバリア機能を損なわないという性能およびその施工性を早い段階より実証しておく必要がある。

GAST 試験の主な目的は、ガス透過型シール材の実環境により近い条件下での機能性の実証、実規模での二相流パラメータの取得および概念モデルの検証、そして原位置での設置技術の評価である。図2に示すように砂—ベントナイト (S/B) 混合体を用いて、埋戻し部のバリアとして核種移行を遅延させる効果を損なうことなくガス透過性を持たせた。全長 8 m の S/B プラグおよびそれを拘束するコンクリートプラグの施工を 2012 年 7 月に完了し、現在は S/B 部を飽和させている段階である。飽和が完了した後、ガスを図中右端の最奥部より注入する計画である。この一例は、グリムゼル試験場の花崗岩中に設置したプラグより母岩の種類に依存しない実証データと知見を初期段階に得ることで、スイスの処分母岩であるオパリーナス粘土岩での処分計画に反映させるケースの代表例である。

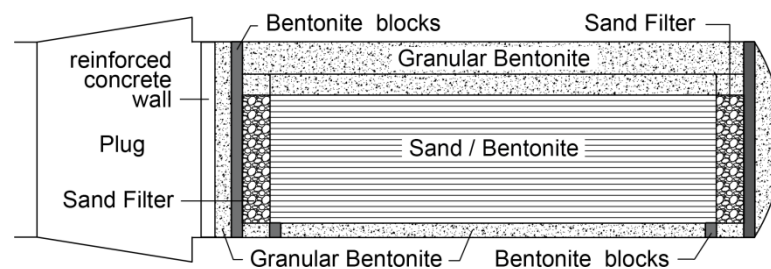


図2 GAST試験における試験体の概要 (トンネルの直径：3.5 m)

5. まとめ

以上の調査・分析の結果、処分事業の比較的初期段階にある実施主体が大規模 URL 試験を計画する際には以下のような点を考慮することが今後の検討課題として考えられる。

- 機器性能試験や人材育成などの目的を除き、既に国際的に実施されていて、知見が十分認識されているような試験項目は、国内や海外の URL の資源や知見を最大限に活用する方法を検討する。
- 処分対象母岩が選定されていない時点では岩盤自体を対象とした試験よりも、人工バリアおよび人工バリアと岩盤との相互影響に関する試験等の実施を検討する。
- 技術開発は施工性能確認や長期安全性能評価上の不確実性を低減させる重要な役割を持つ。
- オフサイト URL での活動は、ノウハウや経験を蓄積することも重要な目的のひとつである。