

欧州の地下研究施設における調査・試験活動の調査・分析

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

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物等の地層処分実施主体である原子力発電環境整備機構（以下、NUMO）は、段階的なサイト選定を経て、最終処分場の建設地を選定する。その最終段階である精密調査段階では、地表からの調査に加え、地下調査施設を建設して、実際の処分環境下における地質環境情報を取得する計画である。また、地下調査施設は、天然バリアと人工バリアで構成する多重バリアの安全機能を確認するための試験、および建設・操業技術の実証試験などを実施する場としても利用する計画である。わが国では国内の地下研究施設において、経済産業省や日本原子力研究開発機構（以下、JAEA）が基盤研究として、地下環境の調査・評価手法の研究開発が進められている。事業者として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・試験を実施するには、JAEAの地下研究所での研究成果も含めて戦略的な活用計画が必要である。そこで、NUMOはスイスの地層処分実施主体である Nagra 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、処分場選定の技術的、科学的な判断および事業許可申請に対する研究活動を対象に、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い、精密調査段階の調査・試験計画策定に反映する検討を進めてきた。本論では、各国の地下研究施設での活動を、わが国の最終処分場選定までの調査の流れと対比して、地下調査施設の活動を検討した結果を述べる。

2. 欧州諸国の地下研究施設における活動概要

欧州諸国の地下研究施設とそこで実施された、または実施されている調査・試験活動を、わが国の最終処分場選定までのサイト調査段階に準えて、文献調査前、文献調査段階、地質環境や天然現象（隆起・侵食や地震・断層活動など）に関する情報が取得できる概要調査段階、地下調査施設を建設し、最終処分場としての各種情報を取得する精密調査段階、そして事業認可後に区分した。精密調査段階は、地上からの調査段階と、地下での調査段階に細分した。欧州の地下研究施設と事業者は、ベルギー、スイス、スウェーデン、英国、フランス、フィンランドを選出し、そこで実施されている調査・試験内容を 2011 年の段階で整理して、図 1 に示すように位置づけた。

ベルギーは、ブーム粘土層を対象とした地層処分の方法論を確立するための研究開発を Hades 地下研究所で実施しており、ここでの研究開発は、文献調査前の段階で実施する活動として位置づけた。スイスは、現在処分場候補地の調査・選定段階にあり、地下研究所は、結晶質岩を対象とした Grimsel とオパリナス粘土を対象とした Mont Terri の 2 カ所がある。これらの地下研究所はオフサイト施設であり、高レベル放射性廃棄物の安全な処分を実施するために岩盤特性の研究などが進められていることから、ここでの活動は、わが国の文献調査および概要調査段階相当するものとして位置づけた。スウェーデンでは、SKB 社が、2011 年にフォルスマルクを最終処分場建設予定地として決定したことから、地下研究所である Äspö はオフサイト研究所として位置づけられ、フォルスマルクの母岩と類似性を反映して、岩盤特性に応じた技術開発や実証試験の場として利用されている。そのため、ここでの活動は、概要調査から精密調査に移行する前の段階のものとして位置付けた。英国とスイスで中低レベル放射性廃棄物処分場建設には進まなかったが、地

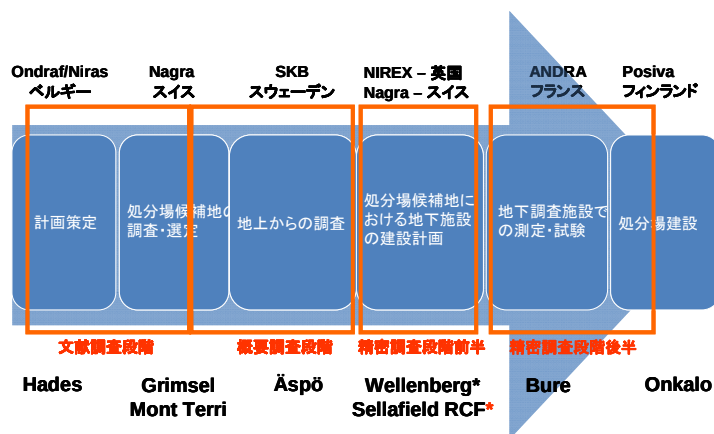


図1 サイト選定の流れと欧州各国の地下研究施設の位置付け

キーワード 高レベル放射性廃棄物、精密調査、地下調査施設、調査試験技術、実証

下施設の計画まで進んだ事例 (Sellafield RCF, Wellenberg)がある。そのため、ここでの活動は、わが国の精密調査で地上からの調査段階のものとして位置付けた。フランスは、カロボ・オックスフォード粘土層が分布する Bure に地下研究所を建設し、処分対象母岩を対象にした調査・研究が進められていることから、ここでの活動は、精密調査後半のものとして位置付けた。そして、フィンランドは、オルキルオトを最終処分場として決定し、地下調査施設の ONKALO は将来の処分場の一部として利用することが考えてられていることから、世界で唯一のオンサイト地下施設である。ここでの活動は精密調査を終えた建設段階のものに位置付けた。

上記のように、欧州の実施主体では、段階的な処分地選定や許認可申請に向けて様々なアプローチがとられており、それぞれ展開されている地下研究施設の役割や実施項目が異なる。そこで、わが国での地下の調査試験計画に反映するために、欧州諸国で実施されている地下での調査・試験の実態を、①調査・試験の内容と適用されている技術について、その目的、実施項目、適用手法等、②地上からの調査に関する不確実性の設定・評価および低減に関する課題設定等、③プロジェクトベースで進められている個々の調査および試験に係る実施体制等、④地下での調査・試験で得られる知見とその反映先等を調査・整理した。調査・整理にあたっては、公開文献を対象にした調査を実施した上で、上記の6カ国の実施主体および研究機関と NUMO によるワークショップを開催して、地下研究施設の役割、研究開発計画および成果の反映先、オンサイト及びオフサイトでの研究成果の組み合わせや相互関係、地層処分計画へのフィードバックなどの概要把握を行った。

3. 地下研究施設での活動の整理分析

サイト選定の流れに沿った研究内容を時系列に整理すると、初期段階（例えば文献調査段階）では、サイトの地質構造や母岩としての地質環境特性の把握に関する活動が主体で、その後調査が進むことで、許認可申請に向けて、核種移行のプロセスの解明や閉鎖後の安全評価に関する人工バリアシステムの性能試験等が開始されている。その後は、操業・閉鎖に関する実証試験が開始され、併せて試験設備の構築に伴う技術のスキルアップや技術の継承・訓練の場として利用されている。以下にスイス、スウェーデン、フィンランドの事例を示す。スイスの Grimsel は、岩種に依らない各種研究のプラットフォームとして、また、Mont Terri は、安全評価技術を対象に利用し、両方ともセーフティケースの構築に反映している。スウェーデンは、Äspö 建設時に、立坑からの調査だけではわかりにくい地質構造の解明、特に亀裂の分布状況を確認できるように、研究所を取り巻くように斜坑を掘削した。フィンランドは、地上からの調査で亀裂が分布する範囲を特定し、地下調査施設の斜坑を、将来の処分場に影響を与えないようにレイアウトしている。

処分場が選定されると、研究施設がオフサイトであるかオンサイトであるかによって、研究成果の反映先が異なり、オフサイトでは、母岩と同様な地層の特性調査、調査技術の実証・確認、多重バリアシステムの相互作用把握、実証結果のアップスケーリング、建設・操業技術の開発、地質環境モデル構築と妥当性の確認、各種活動を通じた技術力・経験の構築などが行われる。一方、オンサイトでは、母岩の性能を維持する必要があるため、地下水流動評価、掘削影響領域評価、人工物の長期影響評価など、調査・試験内容は制限される。

4. 今後の課題

欧州諸国の地下研究施設の調査・試験研究活動を調査・整理して、今後地下施設で実施すべき活動案を検討した。主要な実施項目は、①セーフティケース構築に向けた不確実性の低減、②母岩特性を把握するための調査・試験の戦略構築、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技術力の維持・向上である。さらに、地下調査施設内での活動の他に、作業合理性や効率化を念頭に、地上施設および地下調査施設以外の地下施設内の活動も併せて考慮する必要がある。今後は、文献調査開始前の段階から、精密調査後半の段階までの期間で、オフサイト、オンサイトの地下研究施設および室内研究施設を活用した調査・試験項目を抽出する。また、許認可申請までの時間的な整理を行い、早期に実施すべき項目と、オフサイトおよびオンサイトで実施する項目等の具体化の検討を行う。

参考文献

SKB (2011) Äspö Hard Rock Laboratory. Annual Report 2010. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. (SKB) TR-11-10.
Posiva (2006) Onkalo – Underground Rock Characterisation Facility at Olkiluoto, Eurajoki, Finland. Posiva Brochure. Posiva Oy, Olkiluoto.