

スイスのグリムゼル試験場における放射性廃棄物処分研究

NAGRA 正会員 ○志村 友行

NAGRA 非会員 Russell Alexander

NAGRA 非会員 Stratis Vomvoris

NAGRA 正会員 加来 謙一

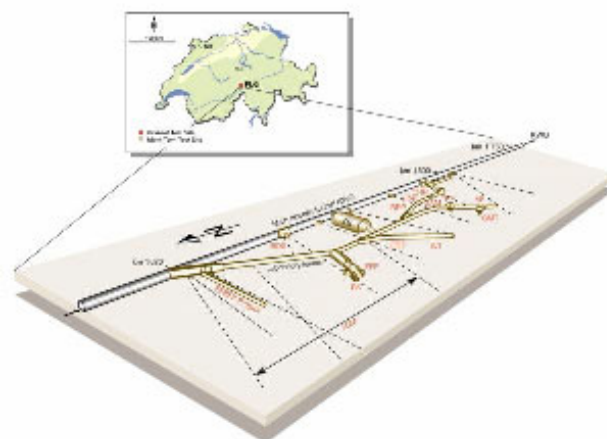
NAGRA 非会員 Wolfgang Kickmaier

1. はじめに

1973 年に放射性廃棄物処分の実施主体として NAGRA（スイス放射性廃棄物管理協同組合）が設立された。NAGRA は 1983 年にスイス中央アルプスの標高 1730m の結晶質岩中にグリムゼル試験場を建設し、地層処分の研究を本格的に開始した。それ以来約 20 年に渡って数多くの国際的なプロジェクトが実施されてきており、現在は 2003 年夏にスタートするフェーズ 6 の試験計画が進められている。本論ではグリムゼル試験場で実施されてきた試験および今後の試験計画等について紹介する。

2. グリムゼル試験場で実施されてきた試験

表一 1 にグリムゼル試験場の各フェーズで実施されてきた試験を示す。フェーズ 1, 2 では主として水理地質特性の調査を行う試験が実施され、フェーズ 3, 4 では性能評価に関わる試験が中心的に実施された。フェーズ 5 では性能評価に関わる試験に加えて、大規模な人工バリア定置・特性評価試験が加わっていることが注目される。図一 2 に示すようにフェーズ 5 にはパートナーとして 9 カ国、17 機関（日本からは 2 機関、1 企業）が参加しており、それ以外にも計測や解析を担当している機関・企業が世界各国から集まって共同で研究を進めている。



図一 1 グリムゼル試験場の全体図



図二 グリムゼルフーズ 5 の試験パートナー

表一 1 グリムゼル試験場で実施されてきた試験（1983-2003）

フェーズ名 (試験数)	期間	実施されてきた主な試験内容
フェーズ 1, 2 (試験数: 16)	1983-1990	ボーリング調査と地質図の作成, 掘削影響調査, 亀裂部地下水流動調査, 岩盤応力測定, 移行試験, ニアフィールド水理特性調査他
フェーズ 3 (試験数: 6)	1990-1993	亀裂部地下水流動調査, 移行試験, 水理モデリング, 不飽和領域試験, ベンチレーション試験, 大口径ボーリング孔試験
フェーズ 4 (試験数: 8)	1994-1996	ボーリング孔止水試験, 掘削影響領域試験, 移行試験部掘削, 地震波トモグラフィ試験, 間隙連結性試験, ニアフィールドガス移行試験他
フェーズ 5 (試験数: 8)	1997-2004	FEBEX (実規模人工バリア熱応力水理試験), GMT (人工バリア中のガス移行試験), GAM (岩盤中のガス移行挙動試験), CRR (コロイド移行試験), HPF (亀裂岩盤中の高アルカリ流試験), EFP (亀裂性岩盤中の流動特性) CTN (ニアフィールド結論), FOM (光ファイバー計測試験)

キーワード グリムゼル試験場, 地下研究所, NAGRA, 放射性廃棄物, 地層処分, 花崗岩

連絡先 Hardstrasse 73, CH-5430, Wettingen, Switzerland NAGRA Tel: ++41-56-437-1251/1310

図一3 にフェーズ5で実施されている試験の一例として FEBEX 試験（実規模人工バリア熱応力水理試験）の試験レイアウト(左図)と、人工バリア設置状況写真（中図），TDR を用いた飽和度計測結果(右図)を示す。右図は人工バリア中の各ポイントにおける飽和度の経時変化を示すが，地下水流入によって飽和が急速に進んだ後，徐々に低下する傾向が見られる。これは当初予想していなかった現象であり，モデル解析との乖離も見られた。現在この現象を解明する作業が進められているが，こういった現象は実スケールの原位置試験を実施することにより初めて認識されるものであり，ここでは地下研究所において原位置試験を実施する重要性を強調しておきたい。



図一3 FEBEX 試験（実規模人工バリア熱応力水理試験）左・中：試験レイアウト他，右：飽和度経時変化

3. 次期フェーズ（フェーズ6）の試験計画

NAGRA では 2003 年夏のフェーズ6 開始に向けて試験計画が実施されている。フェーズ6 は当面 10 年間という期間で実施されるが，30 年といった長期に渡る試験も視野に入れて計画が進められている。2003 年 3 月現在，5 月に開催されるグリムゼル運営委員会に向けて計画の調整が行われており，表一2 に示す試験がテーマとして挙げられている。特徴として，試験の大規模化・試験の長期化が挙げられ，安全性を担保するための科学的なデータ取得と共に，処分概念の実現性に関して工学的な実証試験に比重が移ってきている点が挙げられる。

表一2 グリムゼルフーズ6 で実施が予定されている試験

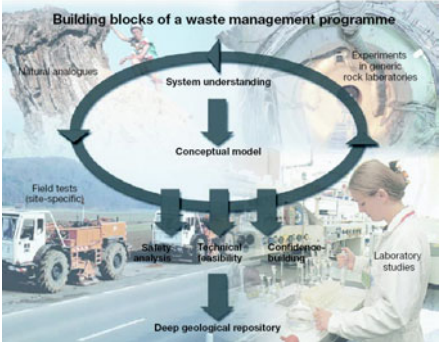
試験名(仮称)	予定されている試験内容
C F M	処分環境に類似した条件下で核種の長期移行挙動を研究
L T D	母岩中における長期マトリクス拡散試験
D O R T	処分概念の最適化，廃棄物・人工バリア材料の定置技術，モニタリングおよび再取り出し性
G M T	人工バリア・天然バリア中のガス移行挙動試験（フェーズ5 より継続）
F E B E X II	実規模人工バリア熱・水・力学連成試験（フェーズ5 より継続）
H P F	高アルカリ環境下における核種移行挙動試験（フェーズ5 より継続）
長期材料試験	ガラス材料の長期溶出試験

4. スイスにおける地層処分プログラムの進め方

地層処分研究を進めるにあたっては，室内試験，地下研究所，ナチュラルアナログ，モデリング，原位置調査の役割を理解し，有効に活用することが重要である。NAGRA では特に地下研究所とナチュラルアナログの重要性を早くから認識し，20 年以上の期間に渡って国内外のプログラムに参加して研究を進めてきた（図一4）。

5. おわりに

グリムゼル試験場は 1983 年の開設以来ジェネリックな地下研究所として国際共同研究の場を提供してきている。日本の処分事業を効率的に推進していくためにこういった国際的な研究の場を有効に活用することを提案したい。なお，グリムゼル試験場で実施されている試験内容や主な結果はホームページで公開している（<http://www.grimsel.com>）。



図一4 地層処分プログラムの進め方