

JNC TN8510 2004-001

放射性廃棄物処分プログラムにおける 地下研究施設の役割

—OECD/NEA 2001 レポート—

(翻訳資料)

2004年3月

核燃料サイクル開発機構
東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地 49

核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

電話:029-282-1122(代表)

ファックス:029-282-7980

電子メール:jserv@jnc.go.jp

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2004

序

放射性廃棄物処分プログラムにおける 地下研究施設の役割

—OECD/NEA 2001 レポート—

(翻訳資料)

小川 豊和, 内田 雅大

放射性廃棄物の地下処分プログラムでは、処分場設計に用いる地層科学パラメータの不確実性や長期安全性が問題となる。誰もが受け入れられる安全な放射性廃棄物処分プログラムを構築するためには、実施主体、規制側、研究者、政治家、一般市民の間で活発な議論を行い、URL などの地下施設を建設して、岩盤の特性調査、試験、技術開発、実証活動を計画・実施していく必要がある。

このような中、本資料では 2001 年に発行された OECD/NEA の報告書「核廃棄物処分プログラムにおける地下研究施設の役割」を取り上げ、幌延・東濃で建設予定の地下研究施設を対象とした調査プログラムの考え方や実施内容の参考とするために翻訳版を作成した。

JNC TN8510 2004-001

March, 2004

Preface

The Role of Underground Laboratories in Nuclear Waste Disposal Programmes

—OECD/NEA 2001 Report—

(Translated Document)

Toyokazu OGAWA, Masahiro UCHIDA

There are two key issues in the underground radioactive waste disposal programmes: uncertainties that are included in the geoscientific parameters used in the repository design; and long-term safety of the facilities. To construct a safe radioactive waste disposal programme that every one accepts, it is necessary to have open discussions on possible programmes among implementing organizations, regulatory body, researchers, politicians, and general publics; it is also indispensable to construct such underground facilities as URL, carrying out characterization, rock tests, technical developments and realization.

In this technical material, a report “The Role of Underground Laboratories in Nuclear Waste Disposal Programmes” prepared by OECD/NEA in 2001 has been translated into Japanese. The purpose of the material preparation was to make the translated version a useful reference as regard to the design and construction of deep underground laboratories to be built in Tono and in Horonobe.

Repository System Analysis Group, Waste Isolation Research Division, Waste Management
and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works

目 次

1 はじめに	1
2 URL の目的と既存 URL の概要	2
3 URL の貢献	9
4 URL の戦略的な役割とそのタイミング	14
5 国際協力	19
6 結論	20
参考文献	22
対訳表	24

1. はじめに

人工的な地層処分¹の概念は、長寿命の放射性廃棄物を長期にわたり安全に管理するために開発されたものである。この概念では、確実に安全に廃棄物を隔離することで人間と環境を守る地下深部の処分場に廃棄物を処分することになる（例えば、NEA、2000）。この概念は、その他のオプションも考慮することを含め、広範囲の協議のもと出来上がってきた。長期的に安定で、廃棄物処分施設が建設でき、人工的な長期の安全性能を保ち、放射能洩れを防ぐ、あるいは減少させる可能性があるかどうかで地質層をホストとして選ぶ。人工的なシステムは自然の地質バリアーを補い、物理化学的に廃棄物を封鎖することを第一の目的とする。全体システムは受動的に長期にわたり安全であるよう設計し、未来の世代への負荷を最小限にすることをめざす。しかし再確認の目的で、処分場が閉鎖された後もしばらくはサイトを見守り、計測を継続していく予定である。

多くの NEA メンバー国において、放射性廃棄物の地下処分場の設計、長期安全性、実質的な具体化に関する調査や問題解決に実施主体および規制側が関わっている。実施主体、規制側、科学者・工学者、政策決定者、一般市民が満足するところまで実現性、安全、解決策の妥当性を説明する必要がある。このために、キーとなる技術的な要素や、実施主体が用いる意思決定過程での信頼度を示す傍ら、計画を見直し開発を認可していく必要がある。その中でも、複雑な自然・人工のシステムの挙動を未来に向かって長い間予測するのに含まれる不確実性を考慮に入れ、提案の処分場の安全性に関して、全てのパーティに自信を抱かせる確信のある議論をすることが不可欠である。

全ての国家放射性廃棄物処分プログラムにおいて予想されるキーエレメントは、1 つもしくは複数の地下施設を建設することで、そこでは、特性調査、試験、技術開発、実証活動が行われる。このような施設は一般的に地下研究施設あるいは URL¹として知られている。URLは、処分施設の設計、建設のために、その中でも特に処分場の開発のいろいろなステージで明示しなければならないセーフティケースの開発上必要となる科学情報、技術情報や実用的な経験を提供するために必要不可欠のものである。

この報告書では、以下のテーマについての概要をまとめている。

- 処分場開発プログラムの範疇内における URL の目的
- NEA メンバー国に現在までに建設された、あるいは建設が計画されている URL の範囲
- それらの施設が処分場開発プログラムならびにセーフティケースに与えることが出来るいろいろな寄与
- 国家プログラム内で URL を開発するタイミングに関する考慮
- URL に関する国際協力の機会と利益

¹ URLは、Underground research laboratory、あるいはUnderground rock laboratoryの略で、処分場開発プログラムをサポートする目的で活動が行われる地下施設の総称として受け入れられている。

2. URL の目的と既存 URL の概要

URL とは？

放射性廃棄物地下処分場の開発支援の目的で、地質特性調査、試験、技術開発、実証等を行う地下施設の総称である。どの処分場でも地質特性調査は必要で実施されることから、この資料の定義に基づけば全ての処分場は URL の一部とみなせる。URL には、大きな研究プログラムを何年も継続して行う複雑な目的の決まった施設もあるし、または例えば、既存の地下空洞の隣でごく特定の調査を行う非常に簡単な施設もある。これらは国家事業として処分場建設に適切とみなされる花崗岩、岩塩、粘土・頁岩、火成凝灰岩などの岩の中に構築される。廃棄物処分として深さは地下数 100m から 1,000m が多いが、場合によってはそれより浅いこともある。

URL は地層処分の自然・人工バリアの性能をコントロールする水理、熱、力学、化学、生物学的特性や連成プロセスを理解する基礎となる。URL はまた、処分場の建設・操業・閉鎖に必要な技術の開発やその技術と全体的な処分コンセプトを専門家にも一般人にも示す。URL は、人工バリアやモニタリングシステムの長期性能を検証するのに用いるばかりでなく、廃棄物回収技術の実証にも用いられる。大切なのは、地表からの調査や室内試験と比較して、URL は現実的な地層処分場の地質環境を提供できることである。

一度確立されると、URL は処分場開発に関する研究・開発・実証プログラムの焦点となる。URL はまた、国際協力プロジェクトの車輪ともなり得る。

URL の目的

URL は国家の廃棄物処分プログラムの根幹をなし、最終処分場のセーフティケースが基礎とする戦略的な要素に対して、重要な、そして時にはクリティカルな技術経験、知見、自信を提供する。安全を確保しそれを示す作戦は科学と工学により推進するが、定義し開発が必要となる 3 つの関連した要素から構成される。

- ・ **処分場選定・処分システム設計**：好ましい隔離特性を有する岩盤内処分場の選定、地質環境と整合した耐久性のある長寿命廃棄物容器の開発、強固な人工バリアの開発。
- ・ **科学的・工学的支援**：設計に必要な情報取得・特性の検証・処分システム性能の評価を可能にする綿密な工学的・科学的調査プログラムの組織、運用。
- ・ **安全評価**：将来考えられる可能なシナリオに対して処分場の性能と安全を理論的に評価できる機器の開発。

プログラム間で用いる用語は多少異なるが、上記 3 つの目標達成のために URL で行われる活動に関する用語は広義の意味で以下のように定義できる。

- ・ **地質構造特性把握**：母岩の地質・水理地質・地球化学・地質構造・力学物性について、また母岩が、与えた変化にどう反応するかについての基本事項を理解するための原位置調査であり、安全評価に必要なデータを提供する。

- ・ **試験**（以下を含む広い意味で）：将来の調査において適用可能性や信頼性を判断するために行う特性調査の手法がどのくらいの性能を有するかを評価。処分場の開発で用いられる可能性がある人工バリア材料や掘削工法の検証、処分場システムの性能やその個々の要素を評価するために用いる概念モデル、数値モデルの検証。
- ・ **技術開発**：機器や工法の開発、特性調査、試験、処分場建設、廃棄物の定置(及び回収)、人工バリアの建設、処分場閉鎖に関する専門技術の開発。
- ・ **実証**：実物大あるいは小型模型を用い、実際の処分場条件もしくはシミュレートした処分場条件で処分場設計の実現可能性を説明すること。また、例えばシーリングや廃棄物定置・回収方法の実証も含め、処分場の擁するさまざまな要素の挙動や性能を説明すること。

「実証」には、必要な認可が得られている実廃棄物の試験処分も含まれる。このように、URL の活動は基本的な研究から廃棄物処分施設のパイロット版開発まで多岐にわたる。

URL の種類

URL 開発の方法には連続した可能性があるが、大きく分けて少なくとも2つに分類できる。

- ・ 廃棄物処分場としては使わないが、他のサイトでの処分を支援する情報を提供し、研究や試験の目的で開発する施設。ここでは「ジェネリックな」URL と呼ぶ。
- ・ 廃棄物処分場の候補とみなし、処分場開発の前駆者となりうるサイトで開発する施設。ここでは「サイト固有の」URL と呼ぶ。

ジェネリックな URL は、地下建設技術・模型実験・計測技術の検証について一般的な経験を得るために開発する。また、一サイト、複数のサイト、あるいは他の場所で処分場候補と考えられる母岩の岩種に関する情報・理解・経験を得るためにも開発する。ジェネリックな URL の種類は処分場開発プログラムの段階によって異なる。例えばスイスでは、Grimsel 試験サイトでの一般的な調査をサイトや母岩の選定に先駆けて始め、20年もの長期に渡り国際的な研究の焦点として継続している。一方 Mt. Terri の道路トンネルでの調査は、このトンネルがスイスの別の場所で母岩の候補に挙がっている粘土層を横切るために始めたものである。

地下施設建設には、掘削、建設、地下での業務や安全を維持するためなどインフラ支援に多額の投資を必要とする。そのため、NEA メンバー国で開発中の URL は鉱山やトンネルなど既存の地下施設内やそれらの施設からの延長と言う形で作られることが多い。既存の地下施設では初期の掘削、鉱山の維持、安全インフラなどを利用することができる。また、新しい場所で開発するのと比較して、計画許認可が降りやすいことも理由の一つである。

このタイプの URL は、既存の地質およびインフラがそこにあることをうまく利用し、サイト特性記述や処分場の建設・操業・閉鎖に関する技術面での経験を積むのにも、モデルの理解や検証にも好都合である。処分場内や周辺での状況を表現する上で制約がある場合もあるが、経済面の利点、特に処分場プログラムの初期段階では効果が大きい。

表 1 には、既存の地下構造物を利用した NEA メンバー国のジェネリックな URL とその基本情報をまとめてある。

表 1 既存の地下構造物を利用した NEA メンバー国のジェネリックな URL

URL	ホストロック・場所・深度	組織、備考	他のNEA参加国
Asse Mine	二畳紀岩塩背斜。ドイツ、490m～800m、地下空洞は950m。	GSF: 元カリ鉱山・岩塩のギャラリー、1965～78はLLWとILWのデモンストレーション施設。1997年まで研究開発施設。未使用の掘削部は埋め戻し中。	フランス、オランダ、スペイン
東濃	堆積岩、日本	JNC: 元ウラン鉱山のギャラリー、1986年より使用。	スイス
釜石	花崗岩、日本	JNC: 元鉄・銅鉱山のギャラリー、1998年終了。	スイス
Stripa Mine	花崗岩、スウェーデン、360～410m。	SKB: 元鉄鉱山のギャラリー。1976～1992年使用。	カナダ、フィンランド、フランス、日本、スペイン、スイス、英国、米国
Grimmel(GTS)	花崗岩、スイス、450m。	Nagra: 水力発電プロジェクトのサービストンネルギャラリー。1983年より使用。	チェコ、フランス、ドイツ、日本、スペイン、スウェーデン、米国
Mt. Terri	Opalinus粘土(硬質粘土)、スイス、400m。	SNHGS: 自動車トンネルギャラリー、1995年から。	ベルギー、フランス、ドイツ、日本、スペイン
Olkiluoto	花崗岩(Tonalite)、フィンランド、60～100m。	Posiva: LLW処分場隣のトンネル。1992年より操業。使用済み燃料処分に関するフィンランドでの研究施設。	スウェーデン
Climax	花崗岩、米国、420m。	DOE: 既存の掘削からのドリフト、使用済み燃料処分実験、1978～1983年。	
G-Tunnel	凝灰岩、米国、>300m。	DOE: 武器・試験坑道、1979～1990年に使用。	
Amelie	層状岩塩、フランス。	ANDRA: カリ鉱山ギャラリー、1986～1992年使用。	
Fanay-Augeres	花崗岩、フランス。	IPSN: ウラン鉱山ギャラリー、1980～1990年使用。	
Tournemire	堆積岩(硬質粘土)、フランス、250m。	IPSN: 元鉄道トンネルギャラリー、近隣のギャラリー、1990年から使用。	ドイツ

処分場開発プログラムの中には、処分場を考えている岩種内に固有の目的でジェネリックな URL の開発を決める場合もある。掘削、施設建設、そして業務の全予算を生み出さなければならないため、これには莫大な資源が必要である。しかし一方では、例えば地下設計、掘削、建設技術、全体的な操業などに関する建設前(場を乱す前)のデータ取得が制御しやすくなる。このような URL では、訪問者のアクセスが便利になるよう施設の設計をするのが容易となる。科学と一般の人との関係は処分プログラムの大切な機能の一翼を担っているのかもしれない。「この URL は処分場になりません。」という保証によって地域住民の施設建設に対する不安も和らげることができる。

表 2 には NEA メンバー国の、固有の目的をもって構築されたジェネリックな URL とその基本情報を示す。

表 2 目的を持って構築された NEA メンバー国のジェネリックな URL

URL	ホストロック・場所・深度	組織、備考	他のNEA参加国
HADES-URF	ブーム粘土(塑性粘土)、Mol/Dessel、ベルギー、230m	GIE EURIDICE:1980年より立坑掘削、1984年より使用。1998-9年まで延長。	フランス、ドイツ、日本、スペイン
Whiteshell	花崗岩、カナダマニトバ州Lac Du Bonnet、240m~420m。	AECL:1984年より使用。	フランス、ハンガリー、日本、スウェーデン、英国、米国
Mizunami	花崗岩、日本、1,000mまで	JNC:試錐調査中	スイス
Horonobe	堆積岩、日本、500m	JNC:試錐調査中	
Aspo	花崗岩、スウェーデン、200m~450m。	SKB:1995年より使用。	カナダ、フィンランド、フランス、ドイツ、日本、スペイン、スイス、英国、米国
Busted Butte	層状凝灰岩、米国、ネバダ州YM、カリコヒルズ層。	USDOE:1998年より使用。	

一つあるいは複数の処分場サイト候補地が決まると、その処分場サイトの情報や経験を得るためのサイト固有の URL を開発することになる。場所は処分場候補地内もしくは隣で、処分場開発が進むにつれ、URL の一部もしくは全部が処分場の一部となる。立坑やアクセストンネルは、処分場への補助経路となるが、設計の仕方によっては主要経路にもなり得る。

サイト固有の URL は、ホスト岩盤の適用性を検証し、処分場のサイト固有のレイアウトや設計の支援となる。また、サイト固有の条件下における種々の技術的作業の実証も行える。さらに、前述のように、ジェネリックな URL ではより一般的な研究や開発も行える可能性がある。将来の処分場サイトとしての安全性を損なわないように、サイト固有の URL 活動には制限が加えられる場合もある。またサイト固有の URL には、関連する処分場が閉鎖された後でも開設のまま、長期モニタリングや人工バリア、処分場性能を検証する機会を与えたり、必要な研究の終了時に閉鎖されたりするものもある。

表 3 に NEA メンバー国におけるサイト固有の URL をまとめる。

表 3 NEA メンバー国のサイト固有 URL

URL	ホストロック・場所・深度	組織、備考	他のNEA参加国
ONKALO	花崗岩 (Tonolite)、フィンランド、500m。	Posiva: 2001年承認、2003年より建設。	
Meuse/Haute Marne	頁岩(固結粘土)、フランス、Callovo-Oxfordian Argillites、450m~500m	ANDRA: 処分場となる可能性あり、2,000年より立坑掘削。	日本
Gorleben*	岩塩ドーム、Lower Saxony、ドイツ、>900m。	BfS、DBE: 立坑掘削1985~1990年。	
Konrad	石灰岩(頁岩がトップ)、ドイツ、800m。	BfS、DBE: 元鉄鉱山ギャラリー、1980年より使用、LLW/ILW処分場として許認可申請中。	
Morsleben	岩塩ドーム、ドイツ、>525m。	BfS、DBE: 元岩塩・カリ鉱山、1981年よりLLW/ILWの処分場(処分は1998年に中止)。	
Pecs(Mecsek Mt.)	固結粘土、Boda Claystone、ハンガリー、1,000m。	PURAM: 元ウラン鉱山、1995~1999年使用。	
WIPP	(層状)岩塩、Salado層、YM、米国ネバダ州。	USDOE: 1982年より操業、1998年よりTRU廃棄物処理場として許可。	ベルギー、カナダ、フランス、ドイツ、日本、スウェーデン、英国
ESF	溶結凝灰岩、Calico Hills層、YM、米国ネバダ州。	USDOE: 原位置試験1996年より開始、調査用トンネル掘削1998年に修了。	

* 処分場としての可能性を探る作業は、2000年10月より3~10年間政府により差し止め。

開発する URL の種類が何であれ、URL は処分場に関するセーフティーケースの開発・提示において、また処分の戦略に対し自信を深める上で重要な役割を果たす。

広範囲での URL の利用

表 1~3 に示すように、NEA メンバー国のうち 10 カ国で URL の活用が認められる。この中にはジェネリックな URL からサイト固有のものに移行したものもある。フィンランド、フランス、日本では、追加で URL を建設しようと計画している。自国に URL を持たないメンバー国もある(オランダ、スペイン、英国、チェコ)。これらの国々も様々な URL で協力してきている。処分プログラムはそれぞれ異なる段階にあるものの NEA メンバー国のほとんどが LLW の研究を URL で実施している。

現存の URL での経験を足し合わせると 250 年を優に超える。初めての URL での活動は、ドイツ、アッセ鉱山で 1965 年に始まった。目的を持って作られたジェネリックな URL の第一号は 1984 年にカナダで誕生した。サイト固有の URL 第一号は、ドイツのコンラッド鉱山で 1980 年に作られた。

URL のコスト

全ての地下構造物がそうであるように、URL 施設の建設には時間もお金もかかる。処分関係の URL 建設が他の場合と異なるのは、特に岩盤の乱れを最小限に抑えるように特別の掘削方法が必要であること、そして、実験室の条件下では当たり前の品質保証を URL でも求められることである。URL の建設には数億ユーロのお金が必要となる。そして、URL が立ち上がれば処分関係プログラムで使用する予算のほとんどが URL の支援に費やされる。Andersson(1999)によると、ヨーロッパにある 4 つの URL では研究開発に毎年 500 万~1,100 万ユーロを使用している。このように、URL の建設は決して軽く考えるべきものではないのである。URL の建設は処分場開発を支援する研究開発への具体的な意欲を意味する。これだけお金がかかるにもかかわらず URL

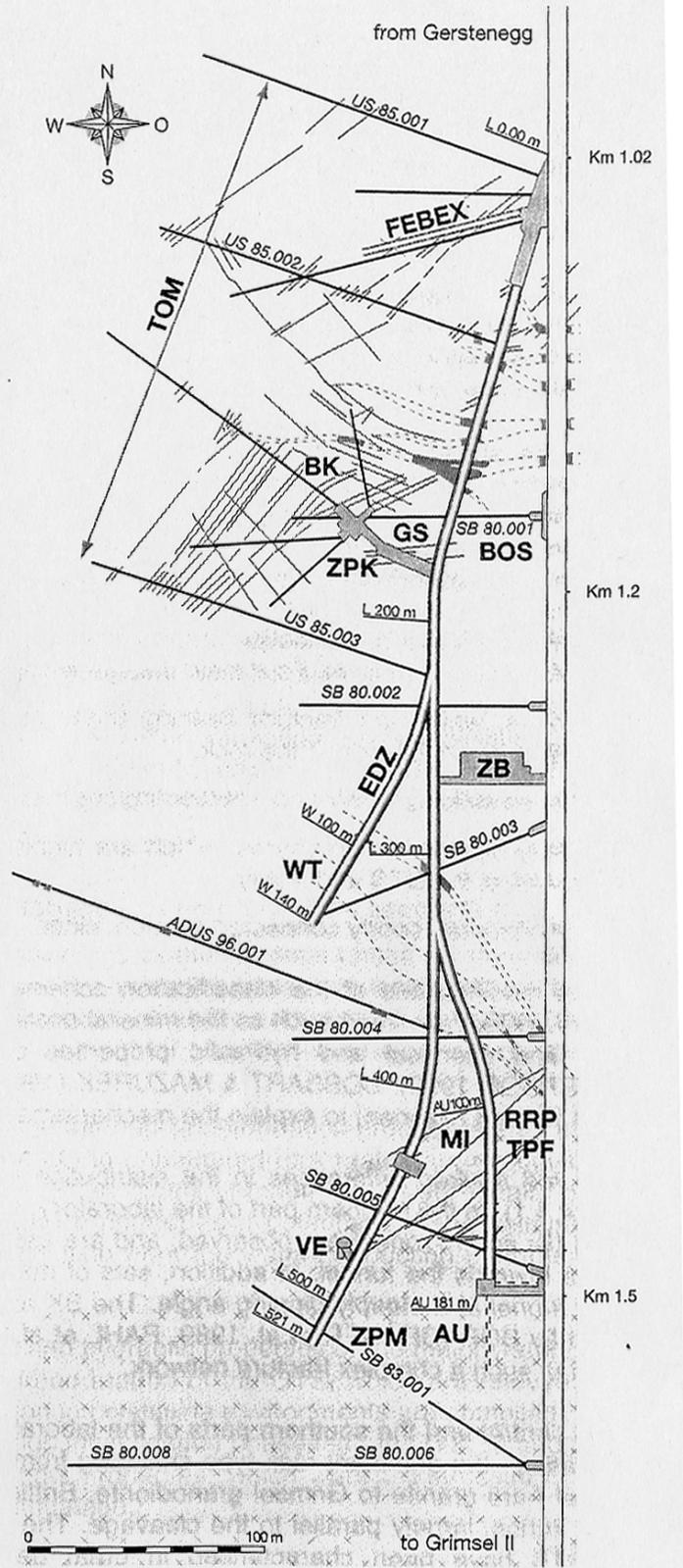
が広範囲で用いられるのは、国家の処分プログラムに対する URL の高い価値の現れであると言える。

その他の URL の効用

科学技術の重要な情報を提供するだけでなく、URL は処分場の受け入れにも貢献する。URL により廃棄物処分コンセプトに住民は信頼を深め、廃棄物処分場を開発するためにその考え方を適用する側の能力に対しても信頼を深めるようになる。同時に、社会が規制側の能力と信頼性を認めてくれるよう、URL プログラムでの活動を通して規制側も自分達の透明性を増す事ができる。URL で得た情報と経験により、これという決まった結論を出しにくいソフトな理論の基本から、結論を出す手助けとなるハードな事実の基礎まで、事業者と規制側、そして事業者と一般住民の間のディスカッションを推進していける。この観点から、逆に、他の国の URL で得られた成果は技術的には同じような価値があっても、国家の、そして社会の関心事・ゴールに対しては役に立たない、あるいは敏感でないためプログラムとしての価値は低いという場合もある。

Grimsel Test Site GTS

	KWO-Access tunnel
	Laboratory tunnel
	Central Aaregranite (CAGR) High biotite content CAGR
	Grimsel-Granodiorite
	Shear zone
	Lamprophyre
	Investigation borehole
ZB	Central facilities
BK	Fracture system flow
GS	Rock stresses
MI	Migration
VE	Ventilation test
WT	Heater test
GTS Phase IV 1994-1996	
BOS	Borehole Sealing
TOM	Further Development of Seismic Tomography
EDZ	Excavation Disturbed Zone
TPF	Two-Phase Flow
RRP	Radionuclide Retardation Project
ZPK	Two-Phase Flow in Fracture Net- works of the Tunnel Near Field
ZPM	Two-Phase Flow in the Unsat- urated Matrix of Crystalline Rocks
FEBEX	1:1 EBS - Demonstration (HLW)



Grimsel 試験サイト

3. URL の貢献

他では出来ないキーである URL の機能は、現実的な処分場条件下の地質環境を利用する機会を与えることである。原位置で特性把握のための方法論や機器を開発し、それを適用する場合に担当者が専門知識を得るには、地質環境へのアクセスが必要である。原位置でのアクセスにより、処分場の性能に影響を及ぼす地質圏の物性や状況を把握することができる。模型実験のためのデータセットを得たり、処分場建設・廃棄物定置・埋め戻し・シーリングなどを現実的な条件下で行う技術を開発・実証したりするための実験施設を URL は提供する。これらの技術や専門知識は実際の処分場にも応用できるものである。また、URL は技術面以外の付加的な恩恵も与える。その中で最も大切なのは、URL で実証する処分技術に関して科学社会・一般大衆の間で形成される信頼性を増すことである。最後に、URL の利用は様々な恩恵をもたらす国際協力の場も演出することになる。

URL で行われる仕事の進展

URL で行われる仕事の種類や量は、時間と共に変化してきている。25～30 年前、初めて URL で仕事が始まった時は、核廃棄物処分場で必要となる複雑な技術のほとんどが幼年期であった。機器や試験方法の開発、基本的な工学上の FS、地質基礎データの収集などが最優先であった。最近では利用できる情報のため、これらの重要性が減少した。今焦点となっているのは、他のサイトで開発した機器や技術を他のサイトで如何に適用するか、また如何に最適化できるかということである。

繰り返し行う安全評価研究の必要性や結果と平行して、不確実性を減らしセーフティーケースで自信を深める事ができるように URL での仕事は変遷してきた。例えば、異なる概念モデルを区別するため、またはあるプロセスを科学的に理解するために試験を実施したりする。人工バリアと関係のある実物大の実証試験、長期試験、大規模トレーサー試験へと焦点も移りつつある。

URL で実施される仕事の例

これまでの URL での研究例は表 4 にまとめてある。仕事をいくつかに分類して以下に述べる。

地下の特性調査ならびにモニタリング技術における方法、機器、経験の開発

URL 内部から地下環境の特性を把握するには、地上からの調査で普通に用いられる機器や手順とは異なる機器や手順を必要とする。処分場プログラムには、ある特別な発明や改良を必要とする懸念事項がそれぞれ存在する。URL は処分場の特性把握に必要な機器を開発・検証する機会を与える。同じくらい重要であるが、担当者がそれらの機器を使いこなして、仕事出来るチームを編成できるようになる機会も与える。URL はさらに、処分場周辺でどのようなモニタリングシステムが必要となるか開発・検証する機会も与える。

表 4 URL で得られる技術情報

目的	その例	場所
地下構造把握方法と機器の開発、異なる手法の信頼性試験	<ul style="list-style-type: none"> 換気試験、孔間水理・弾性波トモグラフィ、ボアホールレーダー、Validation Drift試験 URLにおける地中変位計の開発 岩塩内での塩水透水試験装置・手順の開発 塩水移行試験 	Stripa カナダ WIPP Asse
サイト特性記述における地上からの調査の信頼性決定	<ul style="list-style-type: none"> 深いボアホールでの透水試験結果と原位置透水試験の比較の掘削前の予測とトンネルで得た物性の比較 	WIPP Aspo
情報の増加に伴う、サイト調査戦略の適用と地下システムを適用する戦略	<ul style="list-style-type: none"> フルスケール処分孔に関する場所選定のためのフラクチャーマッピング、水理計測 物理探査手法の適用 	Olkiluoto Grimsel, Stripa Tournemire
岩石中の核種移行に有効なプロセスの概念モデル・数値モデルの試験・開発	<ul style="list-style-type: none"> 核種遅延プロジェクト 不飽和領域での物質移行試験 溶質核種移行、拡散試験 ガス分離圧試験 トレーサー保持プログラム 	Grimsel Yucca Mountain カナダ WIPP Aspo
掘削がローカルシステムに与えるインパクトの定量化	<ul style="list-style-type: none"> EDZ試験 発破掘削のトンネルと処分孔周りの乱されたゾーン 	Aspo, Grimsel, WIPP Olkiluoto
掘削工法の開発・試験	<ul style="list-style-type: none"> 塑性粘土の中でも掘削できることの提示 TBMと発破工法の比較 深部試験手法の実証 処分技術の性能に関する研究 	HADES Aspo, Grimsel Asse Olkiluoto
放射性廃棄物設置により引き起こされる影響のシミュレーション(熱、核種放出、力学的インパクト)	<ul style="list-style-type: none"> 熱と放射が粘土に及ぼす影響 ドリフトにおける定置時の熱シミュレーション ヒーターテスト 熱と構造の相互作用 熱・応力・水の試験 	HADES Asse Stripa, Yucca Mountain, WIPP, Grimsel WIPP カナダ
長期プロセス、操業後の段階、腐食、力学的安定性などに関する試験	<ul style="list-style-type: none"> 粘土内処分のコンセプト実証 熱・水・応力の連成試験 材料界面相互作用試験 埋め戻しならびに材料挙動 熱・応力・水の試験 	HADES 釜石 WIPP Asse カナダ
人工バリアシステムの実証(フィジビリティ)	<ul style="list-style-type: none"> Stripaにおけるボアホールシーリング、緩衝材試験 フルスケール人工バリア試験 HLWキャニスターのボアホールシーリング開発 緩衝材と容器の試験 小規模シール性能試験 処分場シーリング試験 	Stripa Grimsel Asse カナダ WIPP HADES

地下の特性調査ができる能力をつけ経験を積むために大切なもう一つの点は、同時に開発し検証する品質保証の手順である。検証の後、品質が保証されている手順は処分場のライセンス申請で重要な礎となる。

サイト特性把握における地上からの調査方法の信頼性決定

URL の建設が始まる前に、地上からの調査に基づいて特性把握を行うが、ここでは最初にサイトの概念モデル、そして次に数値モデルを作成するのに用いるデータを得る。その後の URL を掘削することで、それらのモデルに基づいた予測、例えばフラクチャーゾーン の存在などを検証する機会が生まれる。特性把握のパラメータについても、地表からの調査で測定するもの(ボアホールや物理探査など)と URL 内部から測定するものを結びつけることができる。このように、予測と実測値が整合しているモデルを選び分け、サイト選定や特性把握プログラムへと進んでいく。地下の状況を予測できる能力は、住民の理解が得られる処分場サイトを見つけるための FS を実証する場合の一つの鍵となる。

性能評価と処分場設計へのデータ供給

ジェネリックであれサイト固有であれ、地表からの調査や室内実験で得られたデータを補完する特性把握データを URL で集めることがある。所定の深さにあるアクセストンネルや立坑でこれらのデータは収集できる。それにより、処分場レベルのみでの特性把握をはるかに上回る特性把握が可能となる。これらのデータは、処分場のモデルや地質圏の性能を開発し検証するのに用いることができ、測定した特性把握パラメータ値の変化に対して、それぞれの性能評価手段がどの程度敏感なのかを理解するのも可能になる。実際の処分場(すなわちニアフィールド)の状況についてボアホールデータよりも現実に近い状況を反映するという付加的な価値が URL データにはある。URL ではボアホールと比べて大きな容積で実験を実施できるため、アップスケーリング則を開発し不均一性の特性把握や残る不確実性を減少させることに、より集中できる。

サイト固有の URL の場合は、存在する岩相変化、重要な地質構造、地下で得られるその他の不均質性をよく理解することが処分場の最終設計には必須である。それに加え、処分場建設前に行う、あるフォームでのモニタリングやベースライン状況の定義はサイト固有の URL の内部からしか実施できない。

概念モデル、数値モデルの試験・開発

URL は様々な詳細度のレベルにおいてモデルを検証し開発するための場を与える。これには地盤力学的・熱的応答モデルや水理地質モデルのような処分場設計やレイアウトの最適化に用いるモデルばかりでなく、核種や汚染物質の物質移行モデルのような安全評価に用いるモデルも含まれる。

処分場建設・操業・閉鎖・廃棄物回収における方法・機器・経験の開発

URL は現実的な条件下で処分場建設・操業・定置・人工バリア・埋め戻しとシーリングなどに必要な技術の開発・実証・品質保証を可能にする。例えば、処分場の設計・施工はサイトで遭遇する固有の不均一性に合わせて修正する必要がある。URL を施工することで、その適用として提案する工法の可能性が決定できる。また SKB や Posiva が提案している、最適な位置が決定できるだけの岩盤を掘削してからトンネルや廃棄物のキャニスターの正

確な位置を決定するという「*進行に伴う設計* (情報化施工)」の考え方を調べる事が出来る。処分決定の取り消し可能性が全体的な処分プログラムの要素である場合は、URLは廃棄物撤去の装置や方法を開発、試験、実証する機会を与える。

URLにより、異なる温度環境も含めた代表的な原位置の条件下において、人工バリアと母岩を用いた処分場の建設・廃棄物パッケージに用いられる材料相互の影響を研究するのも可能になる。異なる掘削方法の地盤力学的影響もURLで研究することができる。このような評価・実証の作業を行うのと同時に、処分場の開発・操業中に執り行われる品質保証(QA)のプロセスも開発・検証することができる。これらの作業を通して、関係者は貴重な経験を得ることとなる。

URLは規制側にも有益である

実施主体に提供される多くの直接的な利益に加え、URLは規制側にも非常に利益をもたらすものである。URLプログラムに参加することで、後日の処分場プロジェクトについて実施側や一般市民と交わすやり取りのしかたについて考え、改めることが可能となる。URLが処分場プログラムの開発に向けて各段階で担っている各々の立場を認識することで、URLプログラムの結果についての議論を通して、次のステップで大きく言って何が達成されるのかについて一般的な理解が深まる。しかしながら、規制側は透明性を保ち一般市民にはオープンな立場を保つことで、その独立性を犠牲にしてやり取りしていると取られることの無いよう注意が必要である。

URLプログラム、特に処分場開発の初期におけるジェネリックなURLは、規制側から見て重要な役割を担っている。そこでは、提案した処分コンセプトが一般的に実現可能かどうかを評価する上で、規制側に直接関係のある情報が得られるからである。実験やそのシステムの適用時に必要となるシステム設計や戦略の面から言うと、それ以外で実施されたものより確信を持たせてくれるものは多くの場合、原位置条件下で行うR&Dプログラムである。

URLは規制側が処分場の評価に用いる規制側自身のモデルを開発し試験する手段を与える。URLプログラムによって与えられるデータにより、規制側は独立した処分場の安全評価を実施することが出来、実施主体が提出する実際の安全評価に焦点を当てるためのキーとなるエリアを見つけることができる。このような作業を行うことにより、処分場の規制側の評価をする人材が貴重な経験や訓練を受けることができる。

URLは処分場プログラムに自信を植え付ける

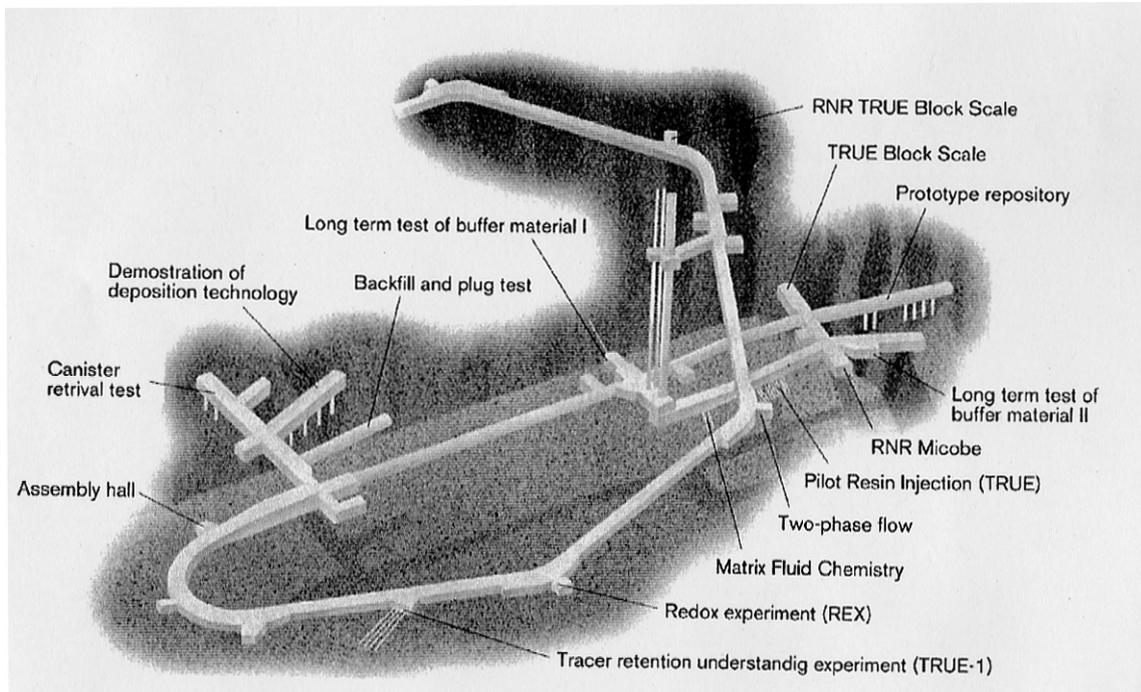
URLは、様々な自信を深める機能を果たす。URLはスポンサーをしている廃棄物管理プログラムにおいて、キーデータや経験ばかりでなく分野を超えたチームワークが必要であるプログラムの様々な局面のいわば「総合化を促す手段(integration vehicle)」も提供することにより、処分コンセプトの有効性・実現可能性の両面で自信を植え付けるために役立つ。規制側が目に見えるアクティブな役割をURLプログラムで担えば、承認と信頼性も増し、処分場を規制する能力と信頼性に社会はより大きな自信を持つようになる。URLは大学、他の国からの廃棄物管理組織、その他科学団体間で相互影響を可能にし、技術畑でも自信を深める手伝いをする。それはまた、処

分場の建設・操業技術、廃棄物定置、埋め戻し、シーリング、モニタリングシステムを含む、全体的な処分コンセプトの一般大衆および技術面以外で裁定を下す人達への実証を可能にする。このように、URL は公の、目に見える、実処分場の選定・特性把握・建設・操業・閉鎖の「ドレスリハーサル」の役割を果たす。

URL はまた、実際の処分場がどのような姿でどのような機能を持っているか示すのにも用いることができる。人々は作業が進む過程を見ることが出来、作業をしている人と実際に会話を交わし、研究者から質問に対する信頼の置ける回答を得、地下で行われている研究について分かりやすい説明を得ることができる。このことで全体プログラムの信頼性も上がる。それに加え、URL サイトの選定・建設により、事業主体は公との関わり方を開発・修正する一方、将来処分場開発に関わると想定されるグループや投資家との仕事関係を確立することができる。

URL は国際協力を引き付ける

URL は、その他の国際廃棄物管理プログラムとの共同研究の呼び水ともなる(後章参照)。URL を国際共同研究、国際協力にオープンにすると、多数の国から資格ある研究スタッフを持ち込むことができる。それによって、一つの国で集められる以上の広い能力あるベースができることにもつながる。さらに、国際共同研究により資金面のベースが広くなり、一つの国でサポートできる以上のより重要な仕事を URL で実施できるようになる。



Äspö HRL 実験サイト

(図は SKB レポート TR-03-10、p. 28 より)

4. URL の戦略的な役割とそのタイミング

URL は、処分場プログラムの異なる段階で大切な役割を果たし、その貢献は処分場開発のフルサイクルを通して、処分場の閉鎖後まで継続するかもしれない。国際的な傾向として、ジェネリックな URL 開発（目的を持って建設された施設を含む）から、国家的に関心の高い固有の岩種を調査する目的の URL、将来処分場になるサイトの URL、そして最後に試験処分施設もしくは実物大の処分場へと、年代がたつにつれて移行していくものと期待されている。国の中にはしかしながら異なる政策を取っているものもあり、国家事業としての URL の必要性および開発のタイミングについて問われるべき質問が存在する。

URL の段階的な開発とその役割

計画、技術開発、関連研究、サイト選定、建設、許認可、操業、そして最終的な地層処分施設の閉鎖は今後数十年間に行われるものとされている。この開発は段階的な形で管理して、各段階では集めた経験と情報を見直し、それまでの計画を確認あるいは修正して、次のステップに進んでもいいだけの十分な経験と情報があるかどうかを決定しなければならない。特に、経験と情報はセーフティケースに組み込まれ、各段階で適用できる規制側のあるいは社会の試験をクリアするのに十分な施設の最終的な安全性をそこそこ保証する。

例えば、廃棄物管理政策、組織としての責任、国内に存在する地質条件、研究開発費について言えば、各国のプログラムで取られる段階的なアプローチに関する詳細な条例は異なり、国の規制も異なる。よって、URL 開発計画は、例えば他の国での経験（その他の国家的な URL プログラムでの共同研究も含む）、サイト選定法（複数の地質環境を評価するかどうかを含む）、地質的に関心の深い場所（URL 建設に必要な許可を得ることが難しいことを考慮に入れ）での URL 開発の機会、を利用できるかどうかによって異なるものとなる。

以下に処分場プログラムの段階を大まかに定義し、各ステージで必要となる作業をまとめる。

コンセプトの開発

- ・ 岩石・水理地質応答、汚染物質の移行、全体的な処分場の評価のジェネリックなモデルを構築するための、対象となる地質環境における一般的な特性とプロセスを理解するための研究
- ・ 掘削工法や、例えば埋め戻し・シーリング、モニタリング技術などに関する材料仕様の初期開発と検証

サイト選定、特性把握

- ・ 現地条件での能力や精度を確かめるサイト特性把握技術の検証
- ・ 固有の母岩、サイトの特性把握
- ・ サイトモデルの構築ならびに観察による掘削応答検証
- ・ 掘削工法、材料仕様、モニタリング技術の修正

処分場開発

- ・ 廃棄物定置(取り出し)方法開発
- ・ モニタリング技術の修正と検証
- ・ 廃棄物取り扱い装置の検証
- ・ 廃棄物定置、埋め戻し、シーリングの試行

処分場操業、閉鎖

- ・ 技術、装置の継続修正
- ・ 定置後のモニタリング

URL 開発における国としての戦略

各国家プロジェクト内では、上記の要件は国家の URL と共同研究ならびに他の国の URL での経験を組み合わせるもので満たされる。よって、全ての国で目的の決まった URL 開発があるわけではなく、多くの国では 1 つないし複数のジェネリックな URL を開発し、国家的に関心のある岩石タイプを調査する。そして、全ての主要な処分場開発の前にサイト固有の URL 開発を行う。各国の処分場開発プログラムでは以下の質問についての答えが用意される必要がある。

廃棄物処理の必要性は差し迫っているのか

廃棄物の最終処分は数十年あるいはそれ以上考慮されないため、URL の建設を遅らせる国もある。たぶんこの場合、他の国での開発動向を見守るのが得策で、他の国での URL プログラムに共同研究で参加して、自分の国で URL が必要になった場合にむけて知識と経験をできるだけ得る利益を得る。必要性が差し迫っていなくても、国のジェネリックな URL は技術専門家を配し、地下処分についての社会の理解を深める便益をもたらす。

逆に廃棄物処分が急を要する場合、特定の岩種を狙った URL もしくはサイトが選定されているのであればサイト固有の URL を推進するのは今である。

処分コンセプトの開発・検証に URL は必要か

URL の建設およびそれを利用した原位置試験をするためには、特定の処分コンセプトに基づいて処分場を建設する決定がなされる前に、そのコンセプトを開発・検証・実証する必要がある。

他の国の URL で行われる事業に協力することで望む情報が得られるのか？

現在 URL を有するほとんどの国では、他の国との共同事業の可能性を与えている。既存の URL からの情報・経験を特定の処分場コンセプト(例えば同種の岩種)に移行できるのであれば、他の国の、既存の URL で仕事をするのは自国で URL ができるまでの期間は資金面、時間面とも効果的な解決法である。

地下に向かうのは、研究や検証の必要性を満たす最も効率のいい方法か？

処分場の開発は、地下の環境で作業をすること無しには不可能である研究や検証を必要と

する。この性能には特定の技術（透水試験、廃棄物定置など）、プロセスの理解、様々な地下作業での経験も含まれる。時間がたつにつれ、このタイプの情報や経験が他の URL からもさらに出てくることになる（関心のある岩種が他にない場合は除いて）。このことは小さなプログラム、あるいはまだ遅れているプログラムには役に立つ。地下へ降りる必要性や処分場建設以前の経験が全て消えてなくなるわけではないけれども。

既存の地下構造物をジェネリックな URL として使用するの、コスト面でも要件を満たしているか？

既存の地下施設（鉱山、トンネルなど）は将来の処分場開発に有用である技術、装置、専門家を経済面からみて効果的に育てる場を与える。既存の掘削施設は、新しく掘られた施設ほど大きな範囲で役に立たないかもしれないし、あるエリアでは既存のほうが、進展が早いかもしれない。

今の全体的な廃棄物処分プログラムは、考えている URL が完成したとき研究を継続していけるだけ十分進んだものであるか？

URL で技術や専門家を開発してからそれらを適用するまであいだに時間がかかりすぎると、重要な作業や訓練された人員が無駄になる。よって、理想的には、URL の作業が始まる前に、最初の URL から最終的な処分場へと作業を継続的に移していくべきである。

サイト特有の URL を開発するタイミング

サイト固有の URL を何時開発するか決定する場合、多数の技術的、管理的懸案を考慮する必要がある。

そのサイトでないと取得できない固有のデータが必要であるか？

性能評価モデル、工学設計、そして処分場プログラムの他の局面では、いつかの時点で、その処分場サイトの地下でのみしか得ることができない詳細な情報が必要となる。他の諸条件は全て満たされているが、この情報が得られていなくてプログラムが中断しているとすれば、それはサイト固有の URL を建設するのが相応しいという印である。

システムが乱される前に、欲しいデータが全部取れているか？

URL（もしくは処分場）の掘削は、周辺地質環境へ大きな長時間に及ぶ影響を及ぼす。掘削が始まる前に、水理地質のベースラインの条件（主に水頭）が得られている必要があり、乱されていないシステムでしか出来ない試験を終了させておかないといけない。水理試験やその他から十分データを集めて、掘削の影響を予測できるモデルを構築する必要がある。

技術面、物資面、規制側からの前提条件が全て満たされているか？

URL が有用となるエリアの一つは、掘削によって母岩の物性にはどのくらいの影響が生じるのかについての情報である。このために必要なのは地表面からのモニタリングシステムを設置すること（上述のようなベースライン条件）、掘削が始まればいつでもモニタリング装置を設置できること、誰がどこでなにをできるか、またその他の物資面の詳細がすべて準備

されていることである。

このような技術面及び物資面の前提条件に加え、異なる局面での開発(立坑、ドリフトの建設、換気システム等)では別の規制側からの要件、所轄官庁がある場合がある。お金のかかる遅延を避けるために、規制側の要件は前もってよく議論し、予測できる日程で要件を満たせるようにし、同時に作業の技術面や物資面の要求事項とも整合するようしておく必要がある。

プログラムは、処分場を建設する十分な能力があるのを実証する準備が出来ているか？

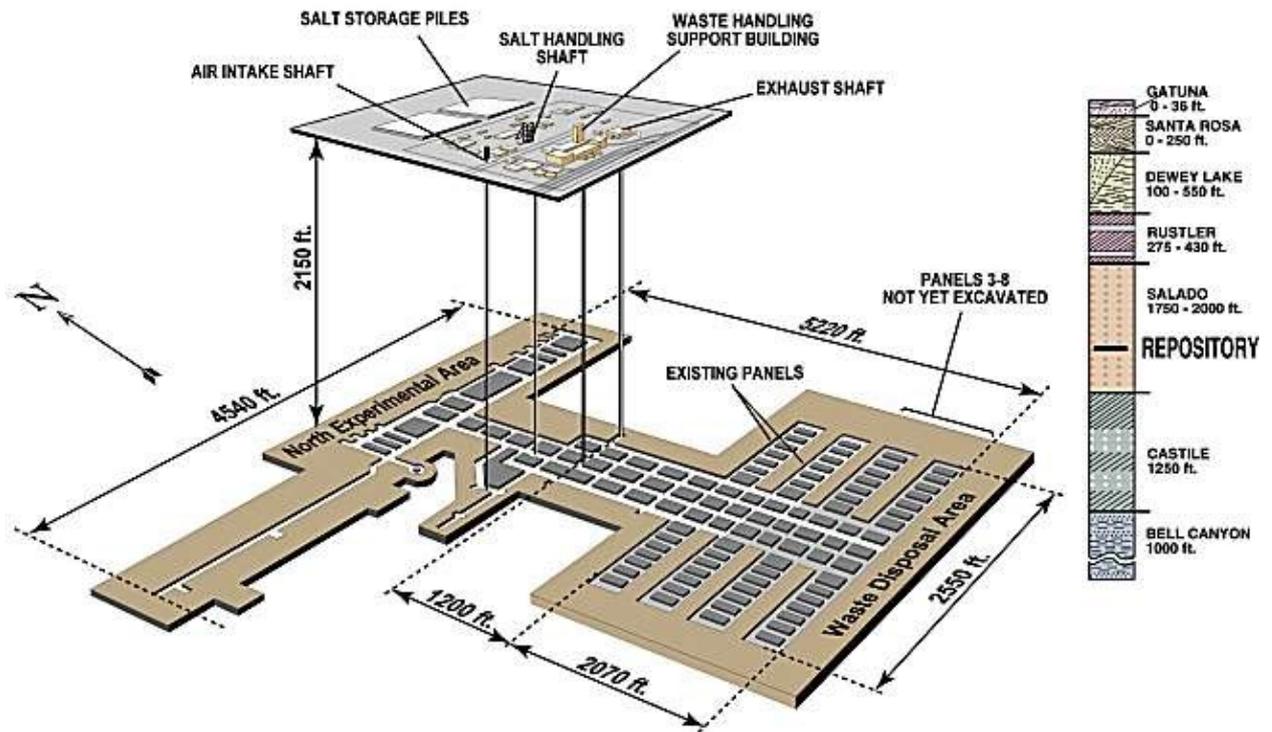
URL が埋められる一つの役割は、処分場の選定・建設・操業・閉鎖の能力を実証することである。国によっては、規制によって処分場を建設する前に必ず URL を建設しないとしないところもある。必要な性能の検証にプログラムが応えられると判断できる時、地下に向かうのが適切なのかもしれない。

将来の URL の役割

現時点では、唯一つ長寿命の廃棄物処分場が操業している(米国の WIPP)のみで、処分場が操業を開始してからも続いている URL の役割は経験上よく分かっていない。しかしながら、将来閉鎖後も大切な役割を担うと推測できる。例えば、処分場への実廃棄物処分と平行して模擬廃棄物の処分をサイト固有の URL で試行できる。処分場操業期間中、そしてその後、廃棄物キャニスター、埋め戻し材、その他の人工バリアの性能を URL において様々な方法で検証できる。中には立ち入ったもので実処分場では出来ないあるいは望ましくないものもある。廃棄物の取り出しが対象となる場合には、URL の模擬廃棄物は取り出し方法の洗練化、装置、経験などの試行場所として用いることができる。同じように、流量や EDZ のような地質圏の性能についても URL で数十年という単位でモニタリングを継続することで安全解析において設定した仮定を検証、修正することができる。

その他の可能性としては、処分場内でのパイロット処分場施設の開発である。そこではごく少量の廃棄物をパイロット的に処分して、より細かい初期モニタリングを行うことができる(例えば Wildi ら 2000) これを経験することである期間後には実物大の実験を行う自信を得ることができるかもしれないし、経験により定置や埋め戻しの技術の修正を迫られることになるかもしれない。

WIPP Facility and Stratigraphic Sequence



WIPPの見取り図
 (図は SNL ホームページより)

5. 国際協力

URL を開発、運営するのに必要なコスト、および既存の知識や経験を共有する可能性により地下研究における国際協力が意味のあるものとなる。国際協力により意見交換、創造性やより質の高いリサーチが育まれる。複数の団体から要求事項が集約されて、新しいステージに到達する。また予算内での執行も可能となる。URL 国際協力プロジェクトに参加の国々は表 1～3 に。国際協力のメリットを以下に示す。

増える専門家共同利用要員(talent pool)

国際協力では能力・経験両面で最高水準の科学者が一緒に働くために数多くの国々から集まる。この共同利用要員のおかげでアイデアの相互肥沃化と研究のスピード化が図れる。

広がる接点とノウハウの受け渡し

URL における国際共同プロジェクトの傾向から得られる直接の利益は、国際的接触や分野間の接触が増え、例えばサイト特性把握や性能評価のような処分場開発の他の局面で非常に有用となり得るノウハウの受け渡しが可能になることである。

コスト面

国際共同研究に参加する団体は、無料で、あるいは自分のものとして研究結果を得る。URL のホスト国は他の参加者が貢献した努力の成果を得る。それはジェネリックな価値だけでなく、自分の URL という場で実施したサイト固有の貴重なデータも得ることになる。ホスト国以外の国は他の国での例より知見を得、実用的な経験を積み、技術的な専門家、管理畑の専門家を育む。それら全ては、自国が URL の段階に達した時に処分場プログラムをより効果的なものにする。結晶質岩内でのシールのコンセプト検証といった URL で行われる固有の実験での国際協力でも、複雑な研究での高価な重複を避けることができる。

国際的認知、自信の増加

URL を国際協力に開放することにより、ホストプログラムの国際的な認知や信頼性を高めることができる。外の専門家へのオープンさを実証し、同業者のレビューやより広い範囲への結果配信を促すことで、ホストプログラムに対する自信も出てくる。世界の先駆けとなることにより一般市民、技術専門家、投資家には重要案件とそれらに対するアプローチの仕方には国際的な了解が得られているとの印象を与えることができる。

6. 結論

地下研究施設の開発や他の国での地下で実施される R&D 活動への参画は、深地層での放射性廃棄物処分への有用なステップである。URL は、重要で場合によってはサイト選定・設計・裏にある工学的サポート・安全の評価上クリティカルとなる技術知見や自信を提供する。地層処分場の特性把握、建設、操業に必要なある種の情報や経験は、地下環境に触れてはじめて得られるものである。同様に、施設設計、母岩の適合条件、工学的実現可能性における自信は地下での確認によって初めて得られる。これらは処分場のセーフティケースを構築する上で全て大切な要素である。

URL は、研究目的だけで将来廃棄物を貯蔵しない場所でもいいし、サイト固有で科学的調査やその他の活動が処分場の建設操業の先駆者であるとされる場所でもいい。URL は多分野（例えば地質、水理、工学など）を総合、技術チームを結成し、将来処分場開発において価値の高い実用的な経験を得る非常にいい機会を与える。また URL は、処分コンセプトや処分場プログラムの技術的な実現可能性を実証する類まれなる機会を提供し、一般市民には、処分場プログラムには確固とした基盤があり責任のある態度で信頼のおける事業主が推進していると言う自信を植え付けることができる。

URL は国際協力を得るのにも有用である。URL により専門家の共同利用要員が多くなり、接触する機会、処分場開発の他のエリアで有用である可能性のあるノウハウの受け渡しの機会が増える。費用を参加国間で分担するため実験を実施するコスト面も効果的になり国際的承認、技術面での承認も深まる。そして廃棄物管理主体および地層処分の可能性に自信が湧いてくる。

URL で実施する作業は時間と共に変化してきた。装置や試験法の開発、キーとなるプロセスの理解を深めるための実験、また基礎的な工学面での FS、そして地質の基礎データの取得が初期の URL のプライオリティであった。最近の動向は、各サイトでの固有の条件に他のサイトで開発された装置や技術を適用・最適化すること、モデル検証のためのデータセットを開発すること、ならびにセーフティケースで不確実性を減らし自信を深めることに移りつつある。人工バリアシステムに関連のある実物大の実証タイプの試験が強調されているのも最近の動向である。

URL は将来処分場の操業中、そして閉鎖後にも重要な役割を担う。URL はまた、処分場内では実際の廃棄物処分と平行して模擬処分場(surrogate repository)として用いられることがある。処分場の操業中、そしてそれ以降も、廃棄物キャニスター、埋め戻し材、そしてその他の人工バリアの性能はいろいろな手段で、中には立ち入ったもので実処分場では出来ないあるいは望ましくないものも URL で確認することができる。廃棄物の取り出しが対象となる場合には、URL は取り出し方法、装置、経験などの試行場所として用いることができる。同じように、地質圏の性能についても URL で数十年という単位でモニタリングを継続することで安全解析において設定した仮定を検証、修正することができる。

一般市民の自信を深める意味での URL の価値は高い。URL を一般の人が訪問することで開発中・使用中の技術も見られ、プロジェクトに参加している科学者やエンジニアと会って話ができる。また、自分で疑問点について質問したり、心配なことを直接表現したりできる。また、地下深くに構築された隔離の場を自分自身で経験できる。この訪問により書類をどれだけ積み上げて説明できない処分場プログラムについて自信や了承の気持ち生まれる。このためだけでも URL はどの成功する処分場プログラムにとっても必要条件である。

参考文献

一般資料

Andersson, J. 1999. *A study on the Co-operation of Research in Underground Facilities within the EU on Aspects of Disposal of Radioactive Waste*. EC DOC. XII-53-99. 14p.

McCombie, C. and W. Kickmaier. 2000. "Underground Research Laboratories: their roles in demonstrating repository concepts and communicating with the public". *Euradwaste 1999, Radioactive waste management strategies and issues*, Fifth European Commission Conference on Radioactive Waste Management and Disposal and Decommissioning, Luxembourg, 15 to 18 November 1999; European Commission Report EUR 19143, 274-281.

NEA 1999. *Confidence in the Long-term Safety of Deep Geological Repositories – Its Development and Communication*. OECD/NEA. Paris, France.

NEA 2000a. *Geological Disposal of Radioactive Waste: Review of Developments in the Last Decade*. OECD/NEA; Paris, France.

NEA 2000b. *Progress Towards Geologic Disposal of Radioactive Waste: Where Do We Stand?*. OECD/NEA; Paris, France.

Savage, D. (ed.) 1995. *The Scientific and Regulatory Basis for the Geological Disposal of Radioactive Waste*. John Wiley and Sons, Chichester, 437p.

Wildi, W., D. Appel, M. Buser, F. Dermange, A. Eckhardt, P. Hufschmied, H.-R. Keusen, and Aebersold. 2000. *Disposal Concepts for Radioactive Waste, Final Report*. Federal Office of Energy. Bern, Switzerland.

技術資料

Fairhurst, C., F. Gera, P. Gnirk, M. Gray, and B. Stillborg. 1993. *OECD/NEA International Stripa Project, Overview Volume I, Executive Summary*; SKB, Stockholm, Sweden.

Haijink, B., and C. Davies (compilers). 1998. In situ testing in underground research laboratories for radioactive waste disposal. *Proceedings of a CLUSTER seminar*, Alden Biesen, Belgium, 10-11 December 1997. European Commission Report EUR 18323.

IAEA (in preparation). *The Use of Results Obtained from Underground Research Laboratory Investigations*. IAEA-TECDOC, IAEA, Vienna, Austria.

Kickmaier, W., and I. McKinley. 1997. "A review of research carried out in European rock laboratories". *Nuclear Engineering and Design*, 176, 75-81.

NEA 2001. *Going Underground for Testing, Characterisation and Demonstration*. NEA/RWM/(2001)6/REV; OECD/NEA; Paris, France.

Olsson, O. 1998. "The role of the Äspö Hard Rock Laboratory in the Swedish nuclear waste programme"; *Proceedings of Waste Management '98*.

SKB 1996. *Äspö Hard Rock Laboratory, 10 Years of Research*; SKB, Stockholm, Sweden.

USDOE 2001. Proceedings of the Conference in Geologic Repositories: *Facing Common Challenges*. October 31 – November 3, 1999, Denver, Colorado. U. S. Department of Energy.

対訳表

英語	日本語
biosphere model	生物圏モデル
boundary conditions	境界条件
calibration	キャリブレーション
characterization	特性調査
closure of repository	処分場の閉鎖
conceptual model	概念モデル
conceptualization	概念化
constitutive equation	構成方程式
coordination	連携・協力
cost effective	コストの面で有利
coupled process	連成プロセス
criteria	規準
deterministic description	決定論的記述
discipline-specific	分野固有の
Environmental Code	環境法
FS(feasibility study)	フィージビリティスタディ
generic	ジェネリックな
geologic disposal	地層処分
geology	地質
geosciences	地層科学
host rock	母岩
hydrogeochemistry	地下水化学
hydrogeology	水理地質
implementing organisation	実施主体
integration vehicle	総合化を促す手段
initial conditions	初期条件
initial data	初期データ
<i>in situ</i>	原位置
long-term monitoring	長期モニタリング
natural geologic barrier	天然バリア
NEA (Nuclear Energy Agency)	原子力エネルギー機構
Nuclear Activities Act	原子力条例
operator	操業者
performance assessment	性能評価

Planning and Building Act	計画・建築条例
quality assurance	品質保証
quantification	定量化
radioactive isotopes	放射性同位体
radionuclides	核種
recharge area	涵養域
regulatory body	規制側
reliability	信頼性
repository evolution	処分場の進化(変化)
requirement	要件
risk evaluation	リスク評価
rock mechanics	岩盤力学
RWMC (Radioactive Waste Management Committee)	放射線廃棄物管理委員会
safety	安全性
safety assessment	安全評価
site characterization	サイト特性調査
site-specific	サイト固有の
siting	サイト選定
spent nuclear fuel	使用済み核燃料
stability	安定性
state of the art	最先端
statistical description	統計的記述
surface-based investigations	地表からの調査
surrogate repository	模擬処分場
talent pool	専門家の共同利用要員
thermal properties	熱特性
traceability	追跡性
transport property	物質移行特性
uncertainties	不確実性
URL (underground research laboratory, or underground rock laboratory)	地下研究施設

Originally published by the OECD in English under the title:

The Role of Underground Laboratories in Nuclear Waste Disposal Programmes, ©
OECD 2001 All rights reserved.

The quality of the Japanese translation and its coherence with the original
text is the responsibility of the Japan Nuclear Cycle Development Institute.