

# 第IV部

海外との協力

第

# 10

章

研究交流

## 第10章 研究交流 目次

我孫子研究所高レベル・TRU廃棄物処分技術課題推進担当 河西 基  
我孫子研究所地質部 上席研究員 馬原 保典  
我孫子研究所地質部 上席研究員 五十嵐敏文  
我孫子研究所地質部 主任研究員 長谷川琢磨  
企画部原子力推進担当 部長 横山 速一  
我孫子研究所リサイクル燃料貯蔵技術課題推進担当 三枝 利有

10 - 1	スウェーデンSKB .....	105
10 - 2	英国AEAテクノロジーおよびスイスPSI .....	109
10 - 3	米国サンディア国立研究所 .....	109

---

河西 基（8ページに掲載）

馬原 保典（50ページに掲載）

五十嵐敏文（18ページに掲載）

長谷川琢磨（18ページに掲載）

横山 速一（8ページに掲載）

三枝 利有（8ページに掲載）

## 10 - 1 スウェーデン SKB

SKB(スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社)は、結晶質岩(花崗岩)のサイトであるエスポ・ハードロック地下研究施設(HRL)において、高レベル放射性廃棄物処分技術に関する国際共同原位置試験研究を1986年から実施してきている。これまでに、事前調査期(1986～1990)を経て、建設期(1991～1994)ではアクセストンネル掘削にともなう水理地質構造の調査・試験が、また操業期第1段階(1995～1998)では、地下研究施設において地下水流動や核種移行等に関する基本特性の試験、解析が行われてきた。一方、本格的な地下研究施設がまだ存在しないわが国にとっては、サイト選定や処分施設の設計・安全評価等に必要な調査・評価技術を海外の地下研究施設での原位置試験研究に適用し、その手法を確立・実証したり、必要なデータを取得することが重要になっている。

このため、電気事業の立場より、合理的な処分の実現に必要な技術の確立を目指している当所では、この国際共同研究に1991年より参加し、HRLにおけるデータ・情報を取得するとともに、当所が開発してきた種々の調査・解析技術の適用・実証と体系化を図っている。

これまでに得られた主な研究成果は以下のとおりである。(図10-1-1、表10-1-1)

### (1) サイト特性の調査・評価技術

#### ① サイト特性の調査・評価技術の体系化

地表からのボーリング調査、地下施設の建設中および建設後の各種試験・調査を通じて、地質構造、水理特性、地化学、物質移行および力学的安定性の評価項目ごとに、技術の適用性に関する体系的な取りまとめを行い、今後のサイト特性調査手法に関する技術的基礎を得た。

#### 当所開発技術の実証

当所で開発した地質・地下水調査技術を全長約

3500m、深さ約460mの地下研究施設に適用し、手法の有効性を確認した。

・断層活動性年代測定手法：ESR法による測定を行い、今後さらに詳細な検討が必要であるものの、断層の活動年代を直接把握する上では有効であること等が示された。

・地下水年代測定手法：溶存希ガスや安定同位体を天然トレーサーとする地下水年代測定調査を行い、トンネル掘削に伴うバルト海の海水侵入や地下水化学環境変化状況が把握できた。また、地下水年代を推定するためのヘリウム蓄積法は、百万年を超える非常に古い地下水の年代測定に有効であることが検証された。(図10-1-2)

・単一孔式地下水流速流向測定：地下460m深度のトンネル内の斜め30度単一ボーリング孔内で地下水流速流向計を適用し、割れ目帯(1m程度の幅)では年間10m前後の高流速の流れが計測されたが、それ以外の母岩中では有意な流れの無いことが把握され、塩水環境における適用性が検証された。(図10-1-3)

### (2) 天然バリア性能評価手法の実証

当所で開発した割れ目系岩盤中での地下水流動および物質移行に関する解析コード(FEGM/FERM)をトンネル掘削に伴う地下水位低下や水質環境変化への影響予測に適用し、国際共同試験の解析評価タスクを通じて、当所計算コードが割れ目・破砕帯内における地下水流動や物質移行の解析に十分な実用性を有することを確認した。

今後は、現在進められている詳細な地下水流動・物質移行に関する試験研究や処分施設性能の実規模模擬実証試験に対して、引き続き当所技術を適用・実証してゆくとともに、貴重な原位置試験データ等の入手を図ってゆく。

表10-1-1 エスポHRL国際共同研究（操業期）における各種原位置試験

試験項目	目的	試験の概要
TRUE試験 (Tracer Retention Understanding Experiment)	単一割れ目を対象にした地下水流動・トレーサー移行試験により、割れ目系岩盤内での放射性核種の移行と遅延に関するプロセスを明らかにし、核種移行モデルの信頼性向上を図る。	<ul style="list-style-type: none"> <li>TRUE detailed scale試験： 単一割れ目の5m程度のスケールでの物質移行と吸着現象を対象とし、透水試験、トレーサー試験、樹脂注入による割れ目開口幅試験などを実施。</li> <li>TRUE block scale試験： 10～50m規模の岩体における割れ目ネットワーク通じての物質移行を対象とした試験。</li> </ul>
ベントナイトの長期性能試験	緩衝材として用いられるベントナイトの長期的な止水性、膨潤特性、変形・流動特性などの性能を明らかにする。	圧縮ベントナイトブロックの中心にヒーターを通した試験体を直径0.3m、深さ約4mの鉛直ボーリング孔の中に設置し性能を試験する。
プロトタイプ処分施設試験	処分施設全体のバリア性能を試験・実証（実演）する。	地下450mのTBMトンネルの最先端部に6mの間隔で直径1.6m、深さ8mの処分孔を4孔と2孔を設置した2つの試験区間を設け、それぞれにヒーター付きの模擬処分容器が収納される。埋戻し材、緩衝材および周辺岩盤の温度・圧力分布、応力・変位状態や水分・化学変化特性などを10～20年継続して測定する。
REX試験 (酸化還元反応試験)	還元環境にある地下深部岩盤が、処分施設の建設や操業により、いったん酸化環境になるため、その影響と岩盤の酸素消費能力等を評価する。	溶存酸素を含む水を割れ目に注入し、割れ目充填鉱物によって酸素がどのように消費されるかなどの特性を観測する。
RNR試験 (原位置での核種の吸着・溶解試験)	地下水環境下での核種の吸着、溶解特性に関する原位置試験技術の開発し、特性を明らかにする。	トンネル内に掘削したボーリング孔内に大型の原位置試験装置（CHEMLAB）を製作して埋め込み、原位置で酸化還元環境、コロイド状態、微生物学的環境、溶存ガス等の条件を考慮させたカラム試験を行う。
二相流試験 (Two Phase Flow)	地下水に気体が含まれる場合の、岩盤の透気・透水性能を評価する。	ボーリング孔からの湧水量等を異なる水圧下で測定し、これらの関係からガスの発生や透水性の低下等の特性を明らかにする。
埋め戻しプラグ試験 (Backfill & Plug Test)	坑道の埋め戻し材の選定、埋め戻し方法の開発およびプラグの性能等を評価する。	トンネル内において、締め固めないTBM掘削ずり、締め固めた掘削ずり等の異なる6種類の埋め戻し材の性能を試験・比較する。
定置技術の実証 (Demonstration of Deposition Technology)	処分孔への廃棄体および緩衝材の定置および廃棄体の回収が適切に行われることを確認するための試験。	トンネル内の処分孔に模擬廃棄体と緩衝材を定置し、さらに回収する一連の作業を実規模で模擬的に試験・実演する。



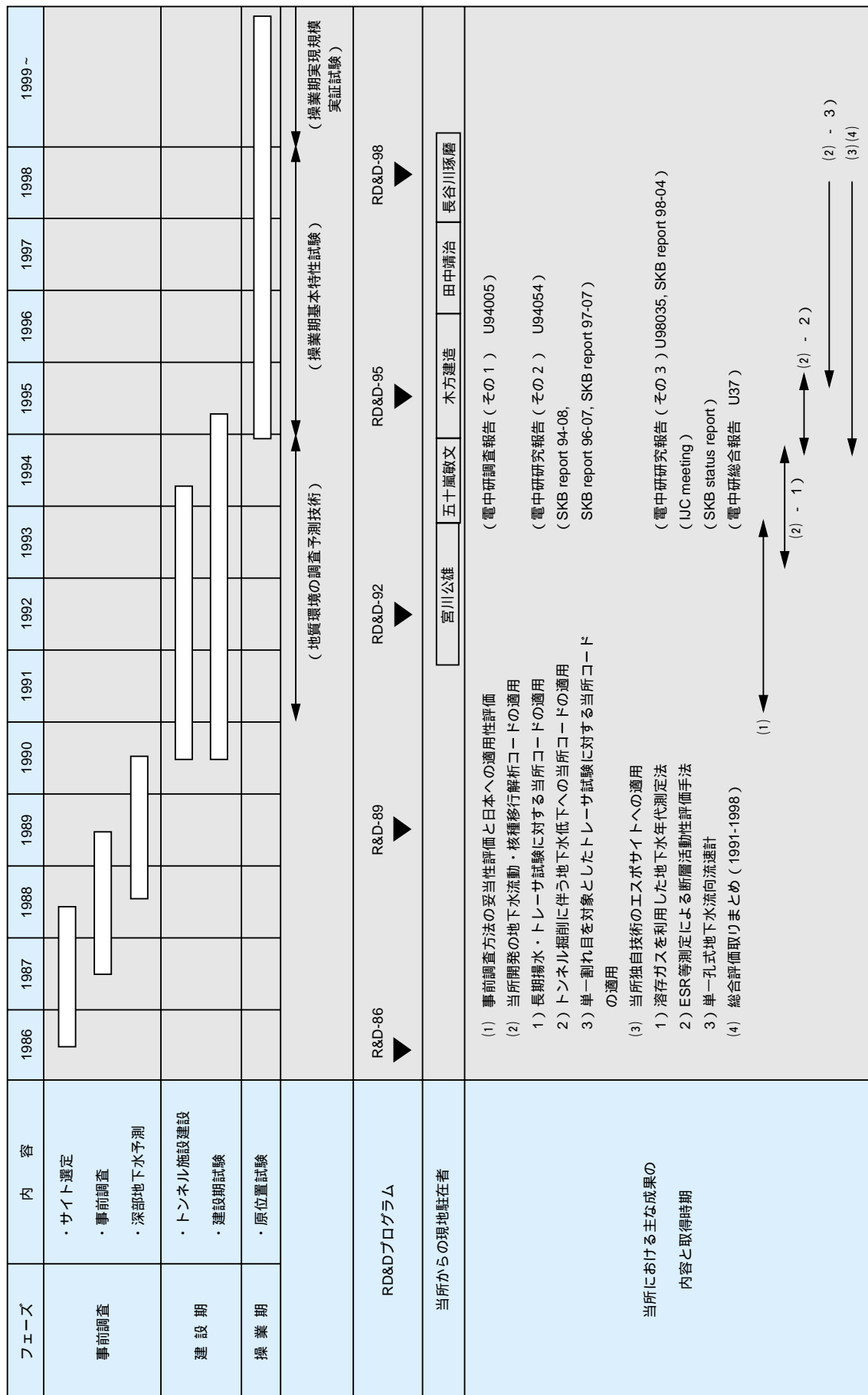


図10-1-1 エスボHRL国際共同原位置試験研究スケジュールと当所の参加状況

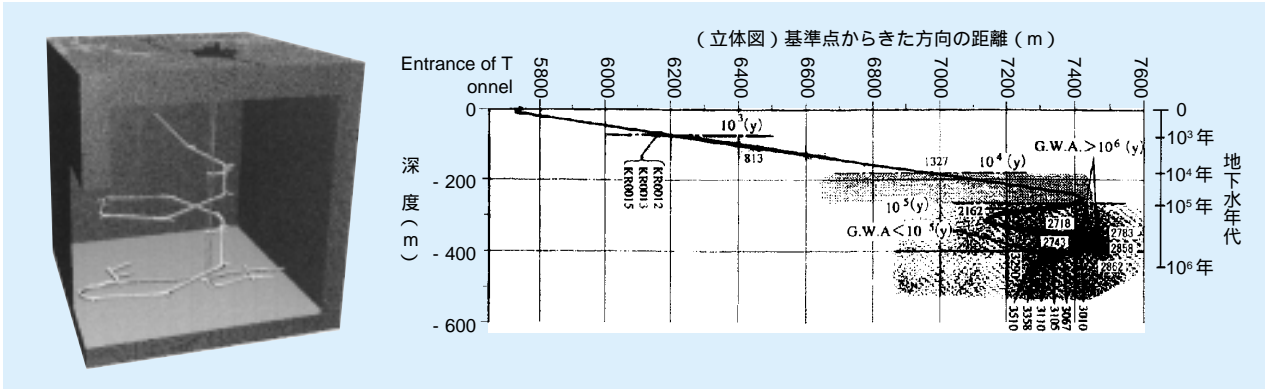
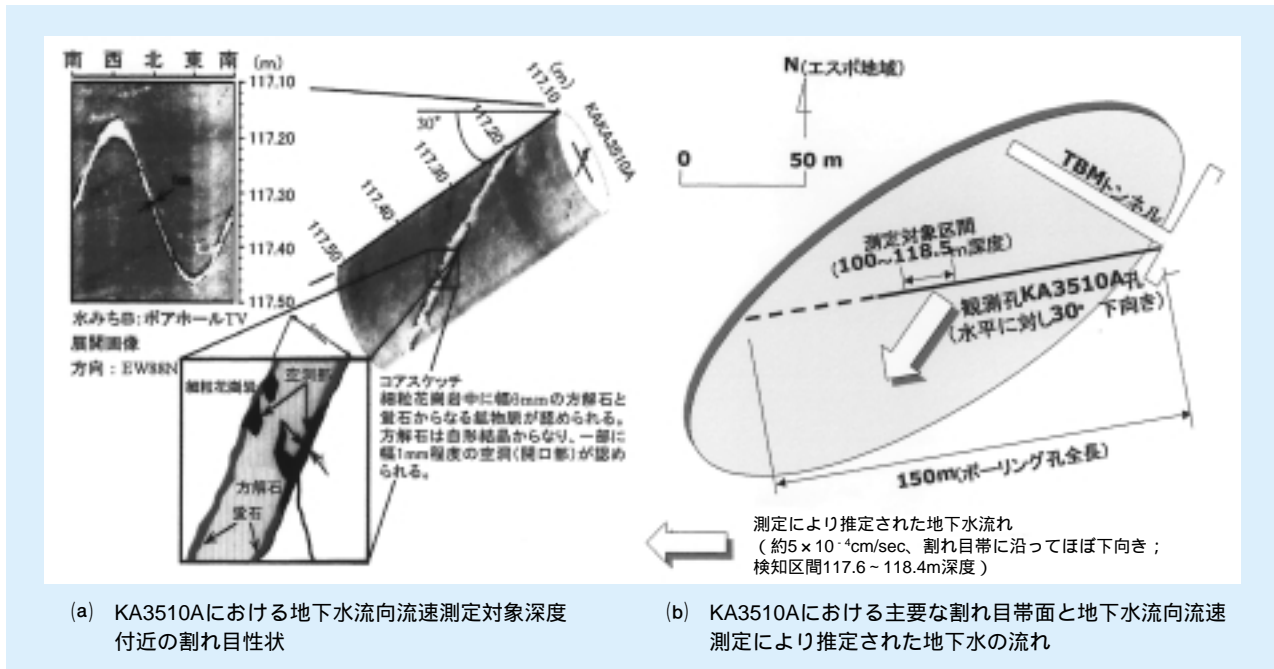


図10-1-2 スウェーデンSKBとの共同研究における地下水年代測定結果例  
(ヘリウム蓄積法によって推定したエスボ地下実験施設トンネル  
内における地下水年代測定)



(a) KA3510Aにおける地下水流向流速測定対象深度  
付近の割れ目性状

(b) KA3510Aにおける主要な割れ目帯面と地下水流向流速  
測定により推定された地下水の流れ

図10-1-3 当所開発の地下水調査技術の適用実証例

## 10 - 2 英国 AEA テクノロジー およびスイス PSI

TRU 廃棄物処分研究においては、セメント材料への放射性核種収着機構の解明を最重要課題として進めている。このためには、セメント材料への放射性核種の収着実験が不可欠である。当所においては、アクチニド元素を使用した実験ができないことから、これらの実験に多くの経験を有する AEA テクノロジーおよび PSI 研究所との共同研究を実施している。

AEA テクノロジーとの共同研究は平成 9 年度から開始し、平成 11 年度までに OPC(普通ポルトランドセメント)、OPC/BFS(高炉スラグセメント) および HFSC(ポゾラン材料高含有セメント)へのアクチニド元素(トリウム、ウラン、ネプツニウム、プルトニウム、アメリカシウム)の 5 核種の収着データを幅広く採取した。また、セメントコロイドの生成試験を実施してきた。試験は AEA テクノロジーのハウエル研究所にて実施されている。主な共同研究の結果は前述のとおりである。

これらの共同試験においては当所で調整したセメントおよび変成セメントを AEA テクノロジーに輸送し、放射性核種収着試験に供した。AEA テクノロジーでの試験実施にあたっては、当所から研究員を長期派遣し、実際に多くの試験に携わることで試験手法を把握し試験結果の過った解釈を防止した。また、当所では FP 核種を用いた試験を実施し、AEA テクノロジーでの試験結果の比較評価を行い、試験結果の解釈を補完した。今後、コロイドへの TRU 核種の収着試験等を継続実施

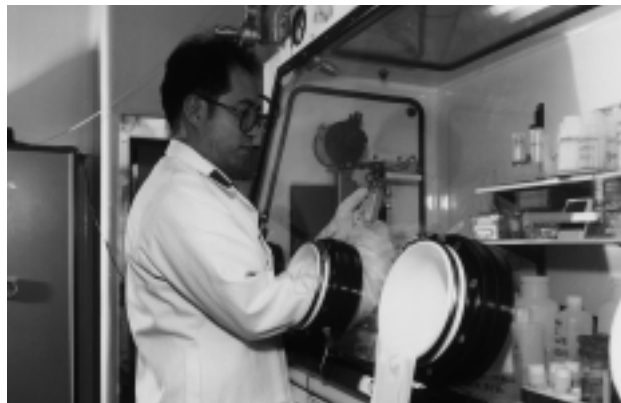


図10-2 AEAテクノロジーハウエル研究所における放射性元素を用いた試験の様子(セメント水和物へのアクチニド元素収着実験を窒素充填グローブボックス内で実施)

していく予定である。

一方、PSI 研究所との共同研究は平成 12 年度より開始する。PSI 研究所では、セメント材料への放射性核種収着機構解明研究の一環としてセメント材料の溶解・再沈澱にともなう放射性核種の収着および、収着後の放射性核種の固定化に興味を持っており、当所の興味と一致したことから共同研究を進めることとした。平成 12 年度から 3 年間の共同研究を行い、CSH 等の生成/再沈殿過程で放射性核種と共沈化合物を形成することによる核種固定化の効果、および陰イオン交換性のあるセメント構成鉱物による放射性核種含有鉱物の生成の確認等を計画している。

## 10 - 3 米国サンディア国立研究所

当所は、1999 年 7 月に、米国サンディア国立研究所と原子燃料サイクル・バックエンド分野における「研究協力協定」を締結した。本「研究協力協定」は、通商産業省 資源エネルギー庁 原子力産業課と米国エネルギー省(DOE)カールスバッド地区事務所の間で締結された、核廃棄物管理技術に関する情報交換を促進する協定に基づくものであり、同協定において、実施に当

たり協力機関に指定されている当所および米国サンディア国立研究所との間で、原子燃料サイクル・バックエンド分野における研究協力活動を促進することを目的として締結された。

本「研究協力協定」における活動には、原子燃料サイクル・バックエンド分野における、情報交換、技術的専門家の交流、共同研究、相互に合意される他の活

動、が含まれている。

上記の背景には、廃棄物隔離プラント(WIPP)の許認可取得・運転開始がある。米国エネルギー省(DOE)カールスバッド地区事務所(CAO)は、サンディア国立研究所(SNL)の支援を得て、ニューメキシコ州カールスバッドにあるWIPPでの処分について、米国環境省(EPA)の最終承認を得た。これにより、WIPPは世界で初めて、政府の規制当局が承認するTRU廃棄物処分場になり、平成11年4月に運転開始した。DOE/CAOおよびSNLが、WIPP計画の実用化に開発した技術は、わが国の放射性廃棄物の貯蔵、輸送、処分に適用できるものである。これらの技術と能力には次のものが含まれる。

- ・サイト特性の調査・評価
- ・実規模原位置試験
- ・人工バリアの設計と性能評価
- ・地質/地質工学、地下水理学、地質化学

- ・放射性廃棄物貯蔵の安全評価
- ・放射性廃棄物処分の安全評価
- ・放射性廃棄物輸送容器
- ・規則適合性評価と相互関係
- ・一般公衆との相互関係

これまでに、原子燃料等の輸送の分野で、使用済燃料輸送物の表面汚染問題でサンディア国立研究所の協力を得て、わが国から仏への輸送時に計測された表面汚染の技術的原因解明を行った。また、欧州からわが国に初めて輸送されたMOX新燃料輸送物について、耐圧性能試験評価や仮想海没時の環境影響評価研究報告書について、サンディア国立研究所の国際レビューを受け、円滑な国際輸送に資する事ができた。

今後は、放射性物質の処理・処分や使用済燃料貯蔵の分野(貯蔵後のキャスク・キャニスタの輸送時健全性等)でも研究交流し、相互の研究を効果的に推進していく考えである。



図10-3-1 サンディア国立研究所における輸送物試験体の落下試験及び火災試験