

# スウェーデン硬岩地下研究施設における 国際共同研究(1999-2008)

## 背景

当所では、SKB(スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社)が当地エスポ Hard Rock 地下研究施設(以下、エスポ HRL)において進めている高レベル放射性廃棄物地層処分のための国際共同研究に1991年より参画し、当所が開発した種々のサイト特性評価手法や性能評価手法の検証を行っている。これらのうち、断層活動性評価手法、地下水流向流速測定法、 $^4\text{He}$ 濃度による地下水年代測定法、天然バリア性能評価手法等の検証結果については、既に報告した。その後、地下水年代測定法、天然バリア性能評価手法や熱・水・応力連成解析手法などの高度化、適用性研究を進めてきた。

## 目的

当所が開発したサイト特性評価手法や天然バリア性能評価手法、熱・水・応力連成解析手法をエスポ HRL 等で実施された原位置試験や室内試験に適用し、その有効性を実証する。

## 主な成果

### 1. 地下水年代測定手法の適用性実証

$^4\text{He}$ 濃度と放射性塩素同位体比を基に $^4\text{He}$ の蓄積速度を推定する地下水年代測定法を提案し、エスポ HRL の地下水に適用し、その有効性を確認することができた。新たに提案した手法によれば $^4\text{He}$ の蓄積速度を精度良く簡便に推定することができ、信頼性の高い $^4\text{He}$ 濃度による地下水年代測定が可能である。

### 2. 微生物が地下水水質へ与える影響の解明

原位置の地下水条件を再現可能な岩石カラム被圧地下水循環装置を開発し、エスポ HRL の地下水を使用して試験を行った。その結果、微生物の呼吸活性により地下水の酸化還元電位が低下し、核種が岩盤等へ収着しやすくなる可能性があることが明らかとなった。

### 3. 地下水流動・溶質移行解析手法の実証

当所が開発した地下水流動・溶質移行解析コード(FEGM)を、エスポ HRL の建設に伴う地下水流動や水質の変化、移行距離数十mのトレーサ試験や1kmスケールの揚水試験に適用した。その結果、観測孔の水圧やトレーサ破過曲線だけでなく、観測孔からの地下水流出量や水質の変化からも解析手法の妥当性を示すことができた。

### 4. 熱・水・応力連成解析手法の実証

当所が開発した熱・水・応力連成解析コード(LOSTUF)を、ベントナイトに関する室内加熱浸透試験および原位置での実規模加熱浸透試験に適用した。その結果、廃棄体の発熱、地下水の再冠水、緩衝材の膨潤等の人工バリア周辺で発生する諸現象を予測・評価できることが実証された。

以上、今回実証したサイト特性評価法や数値解析手法は、わが国の深部地質環境においても十分適用可能であると考えられる。

## 今後の展開

地下水流動・溶質移行解析手法については、原位置試験の解析結果をいかに天然バリア性能評価に結びつけていくかが課題となる。また、熱・水・応力連成解析手法については、膨潤挙動モデルの高度化が課題である。

**主 担 当 者** 地球工学研究所 バックエンド研究センター 上席研究員 田中 靖治

**関連報告書** 「スウェーデン・ハードロック地下研究施設における高レベル廃棄物処分のための国際共同研究(1999-2008)ー地下水環境評価法と性能評価手法の実証ー」 電力中央研究所報告: N06 (2009年)

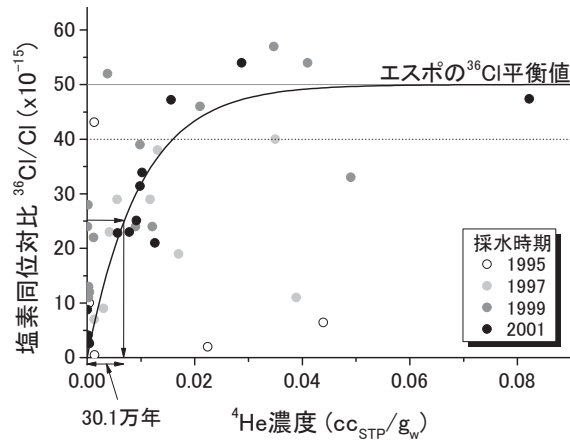
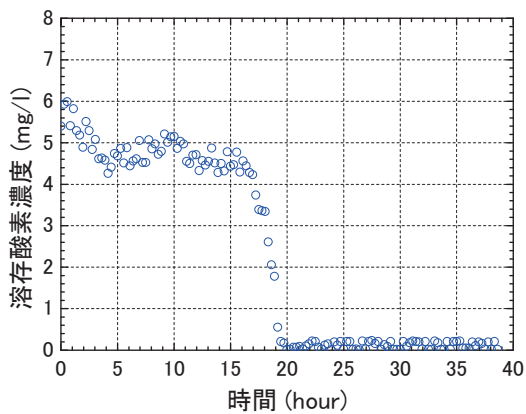
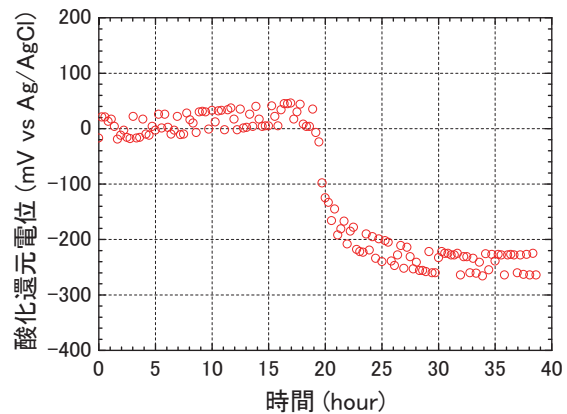


図1  $^4\text{He}$  濃度と放射性塩素同位体比を基にした  $^4\text{He}$  蓄積速度の推定

エスポのように岩盤中で生成される放射性同位体  $^{36}\text{Cl}$  の量に比べて  $^{36}\text{Cl}$  の初期濃度が十分小さい場合、同位対比  $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$  は  $^{36}\text{Cl}$  の半減期 30.1 万年で平衡値の 1/2 まで増加する。 $^4\text{He}$  の岩盤中での蓄積速度を一定と仮定すると、図の曲線から 30.1 万年間での  $^4\text{He}$  の蓄積量がわかり、一年あたりの蓄積速度が求まる。



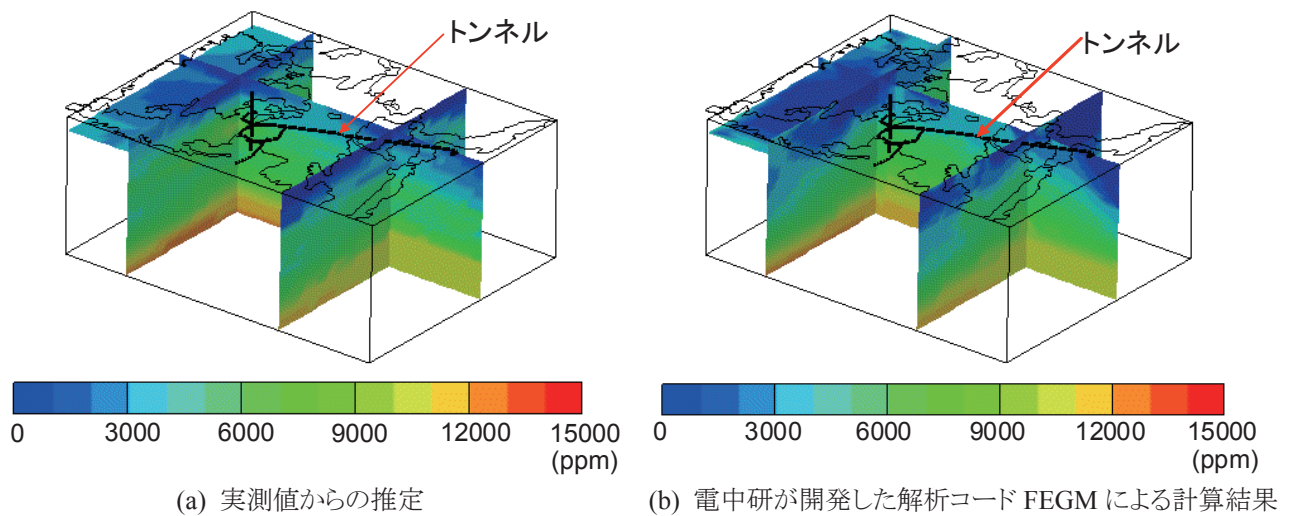
(a) 溶存酸素濃度の変化



(b) 酸化還元電位の変化

図2 微生物が地下水の溶存酸素濃度および酸化還元電位におよぼす影響

エスポの地下水(微生物含む)を栄養塩含有溶液に添加することにより、溶存酸素濃度が低下し、それに伴い酸化還元電位も低下した。



(a) 実測値からの推定

(b) 電中研が開発した解析コード FEGM による計算結果

観測孔での濃度から地盤統計学的手法により分布を推定

図3 トンネル掘削後のエスポ島周辺地下水の塩化物イオン濃度分布