

SKB Äspö 地下研究施設におけるサイト特性調査† —地質関連調査の事例紹介—

木方建造**

スウェーデンでは、高レベル廃棄物処分に関する新たな技術開発を行うと共に、これまで開発してきた試験調査手法を実規模で適用・検証することによって処分候補地点の調査、安全性の評価に役立てるため、地下研究施設をスウェーデン南部のエスポ島で運用中である。エスポ地下研究施設では 1995 年からは操業期と位置づけられ、地下研究施設内で様々な原位置試験が実施もしくは計画中である。本報では建設期から操業期にかけて実施もしくは計画されている原位置試験の概要を紹介するとともに、特に地下水流動の場としての地質・地質構造の調査・評価の観点から、1990 年から始まったトンネル建設時に実施された各種データの取得に関する調査、および地下水流動や核種移動を評価する際の基本となる割れ目評価に関する調査事例を紹介する。

Keywords: エスポ地下研究施設, 地下研究施設, 地層処分, 原位置試験, サイト特性調査, 割れ目評価, 地質調査

Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (SKB) is operating a Hard Rock Laboratory (HRL) at the Äspö island in southeastern Sweden, to develop new technologies concerning High Level Waste (HLW) disposal, and to be useful for the safety assessment and survey of the candidate sites for HLW disposal by applying and verifying the test and survey methods developed before. Many in-situ experiments in operation phase are on going or planned at the Äspö HRL. This paper describes an outline of in-situ experiments in both construction and operation phase, and geological and hydrological surveys during construction and fracture estimation method which can provide basic data for the estimations of groundwater flow and radionuclide migration.

Keywords: Äspö hard rock laboratory, underground research laboratory, geological disposal, in-situ experiment, site characterization survey, fracture estimation, geological survey

1 はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する研究開発を進めていく上で、実規模で種々の調査、試験が実施でき、それら調査、試験の適用性が検証できる地下研究施設は必要不可欠である。地層処分が可能であることをいち早く示した[1]スウェーデン核燃料廃棄物管理会社 (Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company, 以下 SKB と称する) は、ストリーパプロジェクトなどを通じて処分場建設に必要な地質、水理、地化学、力学、物質移行に関する特性を明らかにするためのサイト特性調査手法を開発してきた[2]。現在では、スウェーデン南部のエスポ島にその場を移し、各国の関係機関との国際共同研究として、新たな技術開発を行うと共に、これまで開発してきた試験調査手法を実規模で適用・検証することによって、処分候補地点の調査、安全性の評価に役立てようとしている。

エスポ島においては、1986 年より地下研究施設 (Äspö Hard Rock Laboratory, 以下エスポ HRL と称する) 建設のための事前調査を開始し、1990 年より地下施設の建設に着手した。1995 年には、トンネルおよび立坑の掘削、地上施設の建設がほぼ終了し、現在では本格的な操業期に至っている。

エスポ HRL における建設期から操業期にかけてのサイ

ト特性調査としての試験、調査についてはすでに報告されている[3,4]。本報ではこれら試験については概略を示すにとどめ、建設期から操業期にかけて実施されたサイト特性調査のうち、種々の調査、試験の基本的なデータとなる地質に関連するサイト特性調査を紹介する。

2 エスポプロジェクトの概要

エスポ HRL における研究開発の主目的は以下の 3 つに大別される。

- (1) 処分場建設のための種々のサイト特性調査手法の妥当性を検証する。
- (2) 処分場の計画・建設に関わる手法・技術の改良やデモンストレーションを行う。
- (3) 処分場の安全性や安全評価手法の信頼性向上のためのデータを取得する。

上記の目的を達成するため、エスポ HRL プロジェクト

フェーズ	ステージ	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998		
事前調査期	サイティング	■														
	サイト特性調査				■											
	予 測					■										
建設期	建設および予測結果の検証	■														
	建設期試験	■														
操業期	操業期試験	■										■				
	試験計画	■														
RD&Dプログラム	R&D-86	▼														
	R&D-89				▼											
	R&D-92					▼										
	R&D-95							▼								

図 1 エスポプロジェクトのマスタースケジュール[5]

† Site Characterization Survey at the Äspö Hard Rock Laboratory of SKB, Sweden - Overview of the Geotechnological Survey, by Kenzo Kihō (kiho@cripi.denken.or.jp)

** (財) 電力中央研究所 我孫子研究所 Abiko Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry 〒270-1194 我孫子市我孫子 1646

は図 1 に示すように、サイト選定の際の鍵になる深部地下環境の特性に関するデータを取得する事前調査期(1986～1990年)、施設建設のためのトンネル掘削とともに、掘削期間中に有効である原位置試験を実施する建設期(1990～1995年)、施設建設終了後に本格的な原位置試験を実施する操業期(1995年から)に区分されている[5,6]。

地質関連の調査として、事前調査期には、主として施設の建設に適した岩盤の位置の決定と主要な地下水流路の把握を目的とした調査が実施された。ここでの調査結果から予測された地質および地質構造は、建設期に取得されたデータを用いて検証され、さらに予測手法の評価が実施された[7]。

2.1 エスポ HRL 施設の概要

エスポ HRL の位置図を図 2 に、地下施設であるトンネルと立坑のレイアウトを図 3 に示す。トンネルの入り口はオスカーシャム(Oskarshamn)原子力発電所の敷地内にあり、斜坑で 1,500m 掘削することによりエスポ島直下に達し(深度 210m)、そこから 1 辺約 150m の六角形のらせん状に島の深部に向かって 1 周半掘削された。

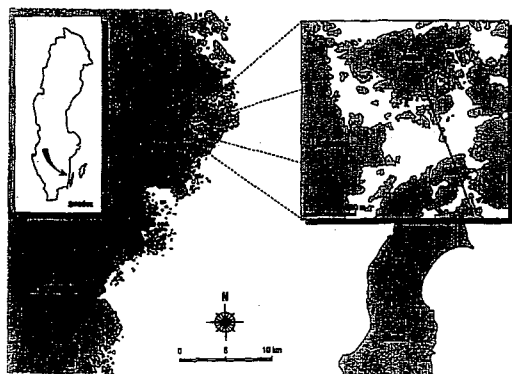


図 2 エスポ HRL の位置図[8]

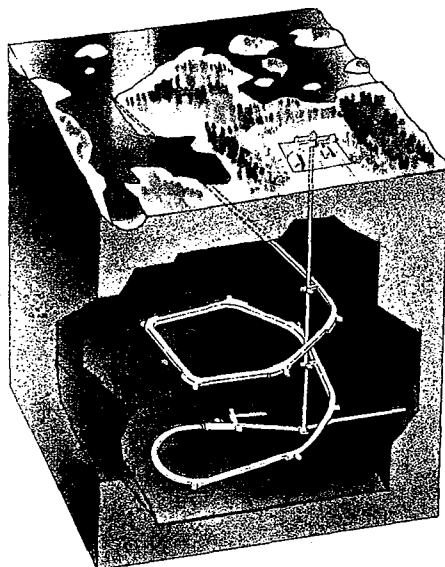


図 3 エスポ HRL のレイアウト[6]

さらに、最終部分は直線状に掘削され、最終深度 450m、総延長 3,600m のトンネルとして仕上げられている。斜坑とらせん部分は発破工法(Drill & Blast)、最終の直線部分はトンネルボーリングマシン(Tunnel Boring Machine: TBM)を用いて掘削された。掘削断面形状は、発破工法箇所では、断面積 25m² の馬てい形、TBM 箇所では直径 5m の円形となっている。また、内径 3.8m のエレベータ用立坑 1 本、内径 1.5m の換気用立坑 2 本がトンネルを繋ぐ形で掘削されている[6]。

2.2 建設期から操業期にかけてのサイト特性調査の概要

エスポ HRL ではその建設期から操業期にかけてトンネル内でサイト特性調査としての種々の原位置試験が実施されている。このうち建設期には掘削影響試験(ZEDEX)、ブロックスケールの酸化還元反応試験が実施され、操業期には TRUE 試験、詳細スケールの酸化還元反応試験(REX)、RNR 試験、二層流試験、埋め戻しプラグ試験、長期性能試験、プロトタイプ処分施設の建設が実施もしくはは計画中である。試験の概要を表 1 に、試験位置を図 4 に示す。

3 エスポ HRL の地質

エスポ HRL の周辺には、おおよそ 18 億年前の褶曲運動時に貫入したと考えられているスモーランド花崗岩が広く分布し、その他に、13.5～14 億年前にダイアピルとして貫入した細粒花崗岩、ヨータマ・ウサマル花崗岩が部分的に分布する。スモーランド花崗岩はその岩相の違いから、エスポ周辺では中粒で灰色を呈する狭義のスモーランド花崗岩と、眼球状組織を有し赤灰色を呈するエスポ閃緑岩に区別され、エスポ HRL ではエスポ閃緑岩が広く分布する[21]。

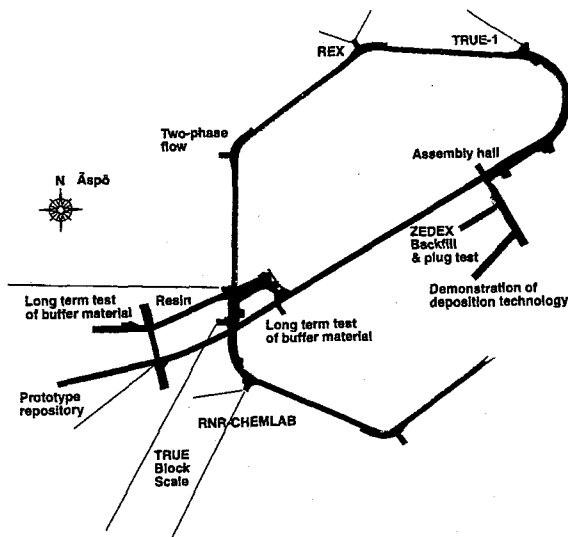


図 4 エスポ HRL での原位置試験位置図 (EL.-300～450m)[20]

表1 エスポ HRL における原位置試験

試験項目 [文献]	目的	試験の概要
掘削影響試験 : ZEDEX [9, 10]	掘削工法の違いによるトンネルの掘削影響範囲の性状や範囲を明らかにする。	地質が同一条件であるTBMおよびプラストトンネルの周辺に掘削されたボーリング孔を利用し、掘削前、中、後に弾性波、レーダートモグラフィーを実施するとともに、AE、発破振動、地中変位、内空変位、岩盤応力、透水係数、地温の測定や、坑壁観察を実施する。
TRUE 試験 : TRUE-1 and TRUE Block Scale [8, 11, 12]	割れ目を通しての物質移行と吸着現象を理解し、割れ目のモデル化がどこまで可能かを評価する。さらに物質移行、吸着モデルの有効性を評価する。	地質、地下水条件の明らかな割れ目を対象に、透水試験、トレーサ試験、樹脂注入、注入樹脂の採取、分析を一連の試験とし、さらに、空間スケールを変化させた一連の試験を実施する。
酸化還元反応試験 : REX [8, 13]	還元環境の地下深部が、処分場建設や操業により酸化環境になるため、その影響を評価する。	溶存酸素を含む水を割れ目に注入し、酸素が割れ目充填鉱物によってどのように消費されるかを観測する。
RNR 試験 : RNR CHEMLAB [6, 8]	地下環境下での核種の吸着、溶解特性を明らかにする。	孔内に大型の試験装置を埋め込み、原位置の酸化還元環境、コロイド状態、微生物学的環境、溶存ガス等の条件を反映させたカラム試験を実施する。
二層流試験 : Two phase flow [14, 15, 16]	どのような条件で二層流が生ずるか、さらに二層流が透水性状に及ぼす影響について評価する。	ボーリング孔からの湧水量を異なる水圧下で測定し、この関係からガスの発生や透水性の低下について明らかにする。
埋め戻しプラグ試験 : Backfill & plug test [6, 8, 17]	種々の埋め戻し材の止水および力学特性、並びに施工性を明らかにする。	プラストトンネルにおいて締め固めないTBM掘削ずり、締め固めたTBM掘削ずり等異なる6種類の埋め戻し材の性能を比較する。
長期性能試験 : Long term test of buffer material [6, 8, 18]	通常および苛酷な環境下での緩衝材であるベントナイトの長期的な止水性、膨潤特性、変形・流動特性を明らかにする。	鉛直孔にベントナイトブロックを充填し、内部にヒーターを挿入し、ベントナイトの温度、圧力、水分量の変化を最長20年間測定する。
プロトタイプ処分施設の建設 : Prototype repository [6, 8, 19]	実際の建設、施工、ハンドリングに関する課題を抽出する。	TBMトンネル最奥部に処分孔を設け、熱源となる疑似キャニスターを埋設し、緩衝材、埋め戻し材で処分孔、TBMトンネルを埋め戻す。

本岩体が受けた大きな構造運動としては、スモーランド花崗岩貫入時(18億年前)、14~17億年前のマイロナイト化作用、ダイアピル貫入時(13.5~14億年前)、11億年前の熱水活動などがあげられる[22]。また第四紀に入ってから、後氷期における上載荷重除去による岩体の浮き上がりによるブロック運動が指摘されている[23]。このような構造運動の結果、エスポでは不連続面として、割れ目(fracture)や割れ目帯(割れ目密度が周辺の2倍以上: fracture zone)が一般的に観察されるが、粘土や破砕物質を伴う破砕帯は多くは認められない。いずれにしても、当地域は大陸の盾状地に位置し、カンブリア紀以降ほとんど大きな構造運動を被っておらず、そのため割れ目の頻度は日本に比べて小さく、構造も単純である。

4 地質に関するサイト特性調査

4.1 トンネル掘削時の調査[24]

トンネル掘削時の地質調査は、事前調査段階で実施したサイト調査結果を検証すること、トンネル掘削の際の詳細なデータの取得方法について検討し、評価すること、操業時に実施する地下水流動や物質移行の試験の基礎と

なる地質データを供給することなどである。このような背景から、トンネル掘削に際してはトンネル内で地質、水理、岩盤力学、地下水化学に関する十分なデータの取得が要求された。

ここではトンネル掘削時の調査の全体像を理解するために地質調査のみならずそれ以外のデータの取得に関しても具体例を紹介する。

4.1.1 切羽での調査

本調査の目的は、地質・地質構造、地下水、岩盤力学、地下水化学の広範な基礎データを取得することである。

(1) 地質・地質構造

地質に関しては切羽のスケッチ、写真とともに以下の項目が記載される。

岩相 : 岩相名、色、粒径、組織、変質の程度、構造とその方向、切羽におけるその岩相の占有率、岩相境界面の状態と方向

割れ目のマッピングと性状 : 割れ目の分布する岩相、方向、割れ目のトレース長、面形状、割れ目の開口の有無、割れ目表面の特徴(粗さ、条線の有無など)、条線の方角、充填鉱物、割れ目両端の状態、交差切断する割れ目の同定、切られた場合の見掛けの変位量、湧水の有無

割れ目帯：岩相名，性状，幅，割れ目の方向と割れ目帯内の割れ目のセットの方向，変質の程度，割れ目の頻度，充填鉱物

(2) 地下水

湧水状況：moisture(湿潤)，drop(水滴)，flow(湧出)の3段階

湧水箇所：diffuse(割れ目の多点から)，point(割れ目の1点から)，node(割れ目の交差点から)，extensive(割れ目を中心とする広範囲から)，bolt hole(ロックボルトの孔から)

湧水領域または割れ目における湧水箇所の長さ：

湧水量：

(3) 地下水化学

切羽から湧出した地下水をサンプリングし，以下の項目の計測・分析を実施する。

pH, 電気伝導度, HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}

Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SiO_2

(4) 岩盤力学

岩盤等級は Rock Mass Rating (RMR)として記載される。RMR は以下の6つのパラメータより決定される。

岩盤の力学強度：

RQD (Rock Quality Designation)：

割れ目の間隔：

割れ目の状態：割れ目面の粗さ，連続性，風化の程度

地下水：湧水量，地圧に対する地下水圧

割れ目の方向：割れ目とトンネルの交差角

4.1.2 先進ボーリングによる調査

本調査の主目的は，切羽の進行による地下水流動の乱れを除外した地下水データを取得することにある。切羽の進行(18m 掘削：4 掘進)にあわせて先進ボーリング調査が実施されている。この孔(パーカッションボーリング，孔径：57mm，掘進長：20m)を利用して以下の調査が実施される。

(1) 地質

50cm 毎の掘削に要した時間(岩質に関する情報)

50cm 毎の掘削水の色(岩種に関する情報)

(2) 水理

ロッド交換時(3m 毎)の湧水量(目視)

掘削後の湧水量測定

(3) 地下水化学

電気伝導度，pH, HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Br^- , HS^- , Fe(II) , Fe(total) , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SiO_2 , S(total) , ^3H , δD , $\delta^{18}\text{O}$

(4) 圧力回復試験

ボーリング孔内での圧力モニタリング

4.1.3 事前調査結果の検証調査

事前調査において予測された項目を検証し，さらに検証のための調査手法の妥当性を検討するために，切羽での調査箇所のうち任意の10箇所において，以下の調査が追加実施された。

(1) 地質 (データは測線調査によって収集された。)

岩相：色，粒径，組織，変質の程度，構造とその方向，岩相境界面の状態と方向

割れ目(トレース長 30cm 以上)：方向，トレース長，面形状，割れ目の開口の有無，充填鉱物，充填鉱物の幅，割れ目両端の状態

(2) 地下水

切羽掘削後の湧水点分布，流量変化の追跡調査

堰による坑内流入地下水の流量測定

先進ボーリング，コアボーリングを利用した水圧測定

(3) 地下水化学

湧水量が 100ml/min. を超える湧水点でのサンプリングと化学分析

(4) 岩盤力学

岩盤の肌落ち等の分布

オーバーコアリング法による地圧の計測

4.1.4 割れ目帯通過に伴う調査

事前調査においてその地質学，水理学的規模が大きいと予測された割れ目帯を対象として，トンネル掘削工法の検討，水理学的な初期特性の把握等を目的として以下の調査が実施された。

(1) 地質

トンネルからのボーリング調査：割れ目帯の詳細位置の同定；地質的な特徴把握

(2) 水理

スピナー検層：湧水箇所，湧水量

ポアホールレーダー検層：湧水割れ目の記載

湧水量，水圧モニタリング：開削に伴う影響評価等

(3) 地下水化学

長期モニタリング：掘削に伴う酸化還元環境の変化，グラウトの影響評価

(4) 岩盤力学

グラウト試験：グラウトコントロール技術の開発

ビデオスコープ調査：グラウト分散，グラウトコントロールの評価

4.2 割れ目特性評価のための地質調査

処分場を取り巻く母岩に分布する割れ目の分布形態や性状は，岩盤中の水の流動の観点のみでなく，核種の吸着など核種の移動という観点からも，重要な検討項目である。このような観点から，エスポにおいても，割れ目の特性評価に関して種々の試みがなされている。ここでは主な調査事例について紹介する。

4.2.1 岩盤割れ目間隙分布評価試験[25]

岩盤中の割れ目の間隙分布の測定は，割れ目の地下水流動の不均一性や連続性を評価する場合に重要である。本試験の目的は，予めその形態が単純で連続性を有するという基準で選出されグラウトされた割れ目からコアサ

ンプルを採取することによって、割れ目の間隙分布に関するデータを取得することである。

試験対象となった割れ目は、トンネル入口から 1140m の地点の N-S 方向の鉛直割れ目である。なお、周辺岩盤は閃緑岩である。ここでは、トンネル掘削に先行して赤色グラウトを注入し、後述する 2 つの方法で割れ目間隙分布を測定した。

割れ目に沿って直径 200mm、長さ 1m のコアを 5 本採取し、それを 2cm 厚に切断し(図 5)、割れ目に沿ったグラウト幅を測定する方法、およびコア掘削孔においてボアホールカメラによってグラウト幅を観察する方法を用いた。その結果、切断コアを用いた測定によれば、今回対象となった割れ目の平均幅は 2mm、変動係数は 130% となった。さらに、割れ目の表面積の 60% が幅 0.1mm 以上の割れ目で、その間隙幅分布は対数正規分布を示した。また、間隙幅に関するバリオグラムも求められた。一方、ボアホールカメラを用いた観察によれば、切断コアを用いた方法とは測定区間が異なるため、平均値や変動係数は異なる値を示すが、割れ目の間隙幅分布は対数正規分布となった。

以上のような割れ目に対する間隙分布を測定することは、地下水流動経路や流動モデルを構築・検証するうえで重要であり、TRUE 試験や二層流試験の割れ目間隙の評価を実施する際には、モルタルグラウトに代り、化学的に不活性なレジンを割れ目に注入し、その間隙分布を計測している[26]。

4.2.2 地下水経路推定のための割れ目特性調査[27]

本調査の目的は、① エスポでの高透水割れ目(Water Conducting Fracture: WCF)を分類する、② 放射性核種の移動の観点から割れ目を特徴付ける、③ この方法論を一般化することである。

数多くの湧水を伴う割れ目のうち、観察に適した広がりや有する特定のトンネル個所における高透水の割れ目

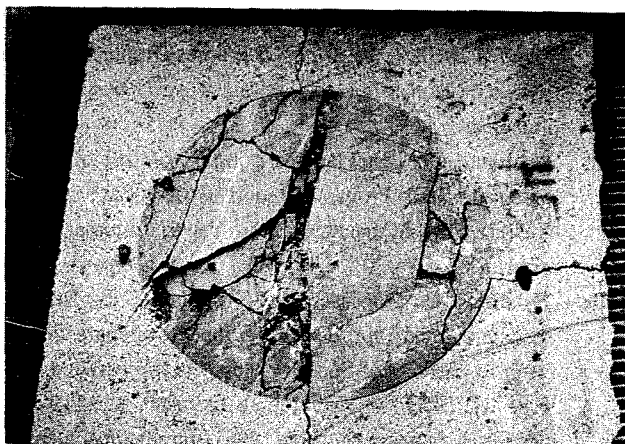


図5 割れ目間隙分布評価のためのコアセクション
(直径 20cm のコアをコンクリートで固めた後切断)

を用いて予察的にモデル化を実施した結果、エスポにおける高透水割れ目は剪断性フラクチャ(Master Fault)と引張性フラクチャ(Splay Crack)という 2 つのシステムが基本単位となっていること(図 6)が明らかになった。さらに、坑内に分布するすべての高透水割れ目を観察した結果、高透水割れ目は Master Fault と Splay Crack を基本単位として、割れ目帯内部の幾何学形状が、図 7 に示すように 5 つのタイプに分類できると提案された。

この分類はエスポのトンネルおよび露頭データを基本としており、現状ではサイトスペシフィックな分類であるものの、日本においても本手法をトンネル内の割れ目系に適用し、同様な構造を確認した例も紹介されており[28]、今後事例を増やし一般化が望まれる。

さらにこの分類および種々の室内分析(鉱物分析や間隙分布調査など)を基に割れ目内の流体の移流、分散に関する概念モデルが提案されており、エスポ HRL 操業期のニアフィールドを対象にしたサイト特性調査、例えば REX 試験や TRUE 試験への地質モデルの適用が検討されている。

5 おわりに

エスポ HRL では、現在操業期の原位置試験が実施もしくは計画されており、これらの試験の計画や試験結果の解釈、さらにはモデル作成に際して、ここで紹介した割れ目評価に関する知見や建設期に収集された膨大なデータが参考にされている。

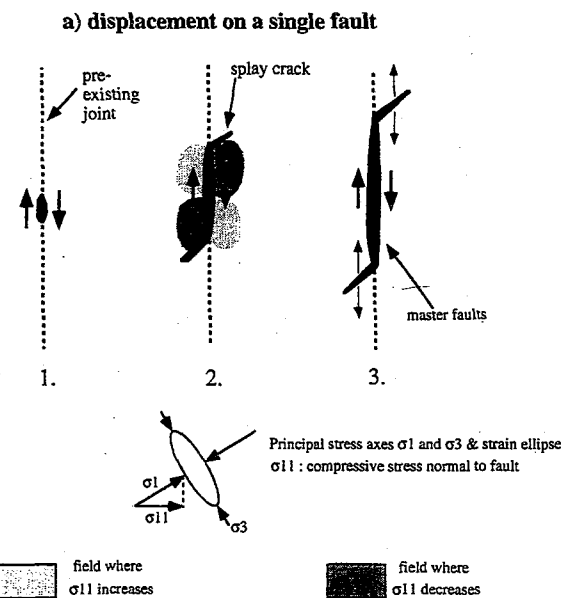


図6 既存割れ目に沿う断層の発生と伸展[27]
a:単一割れ目に沿う断層の発生
b:断層の発達と断層面に働く応力(σ_{11})の増加と減少域
c:断層の伸展およびスプレー構造の形成

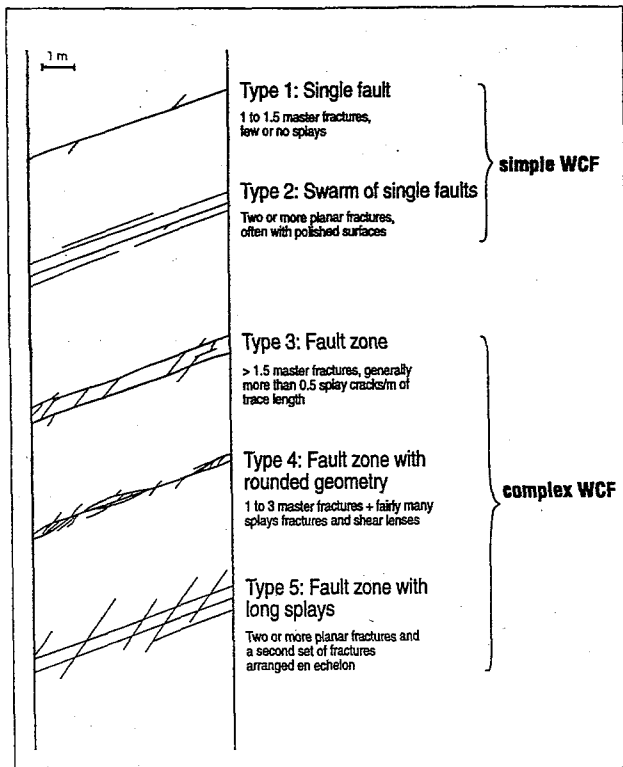


図7 エスポにおける高透水割れ目の分類[27]

ここで紹介した調査方法や割れ目の評価方法はエスポ HRL の地質を基にしているが、地質を認識し現象の一般化を図り、さらに事例を増やすことにより手法の一般化が望まれる。また、日本とスウェーデンの地質の違いはあるものの、このような手法を参考にして、日本の地質に適用した手法の確立が望まれる。

参考文献

- [1] SKBF/KBS: Final Storage of Spent Nuclear Fuel -KBS-3, Parts I-IV (1983).
- [2] SKB: Stripa Project Overview Reports, Vol.1-3, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1993).
- [3] 五十嵐敏文, 木方建造: スウェーデンエスポ地下研究施設における操業期フェーズの原位置試験と電中研の研究. 原子力バックエンド研究, 4, 67-72 (1997).
- [4] 五十嵐敏文: スウェーデンエスポ地下研究施設における原位置試験研究の現状. 日本原子力学会誌, 38, 272-278 (1996).
- [5] 宮川公雄: 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(その 1)-事前調査期のサイト特性調査の考え方とその手法-. 電中研調査報告 U94005 (1994).
- [6] SKB: Äspö Hard Rock Laboratory 10 years, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1996).
- [7] 大澤英昭: Hard Rock Laboratory (HRL)計画, 地下施設の建設に伴う試験研究段階の現状. 日本原子力学会誌, 35, 67-69 (1993).
- [8] SKB: Äspö Hard Rock Laboratory Annual Report 1996, SKB Technical Report 97-08, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1997).
- [9] SKB: Äspö Hard Rock Laboratory Annual Report 1993, SKB Technical Report 94-11, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1994).
- [10] Olsson, O. et al.: ZEDEX—A Study of the Zone of Excavation Disturbance for Blasted and Bored Tunnels. SKB International Cooperation Report 96-03, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1996).
- [11] Winberg, A. Ed.: First TRUE Stage - Tracer Retention Understanding Experiments, Descriptive Structural Hydraulic Models on Block and Detailed Scales of the TRUE-1 Site. SKB International Cooperation Report 96-04 Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1996).
- [12] Winberg, A.: Tracer Retention Understanding Experiments (TRUE) —Test Plan for the TRUE Block Scale Experiment-. SKB International Cooperation Report 97-02, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1996).
- [13] Puigdomenech, I. et al.: Test Plan for Redox Experiment in Detailed Scale (REX). SKB Progress Report HRL-96-09, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1996) (internal document).
- [14] SKB: Äspö Hard Rock Laboratory Annual Report 1994, SKB Technical Report 95-07, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1995).
- [15] Gale, J. E.: Assessment of the Coupled Effects of Degassing and Excavation Induced Fracture Deformation on Drift Inflows—Feasibility Study and Preliminary Experiment—Single Fracture. SKB Progress Report 25-94-29, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1994) (internal document).
- [16] Olsson, O.: Test Plan for Degassing of Groundwater and Two Phase Flow Release 1.0. SKB Progress Report 25-94-34, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1994) (internal document).
- [17] Bögesson, L.: Test Plan for Backfill and Plug Test in ZEDEX Drift, Release 1. SKB Progress Report 25-95-16, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1995) (internal document).
- [18] Karnland, O.: Test Plan for Long Term Test of Buffer Material. SKB Progress Report HRL-96-22, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1996) (internal document).
- [19] Bäckblom, G., Bögesson, L.: Programme for Backfill Tests and Äspö Prototype Repository to prepare for the Deep Repository of Spent Nuclear Fuel in Sweden. Release 1.1. SKB Progress Report 25-94-36, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1996) (internal document).
- [20] SKB: SKB Annual Report 1996, SKB Technical Report 96-25, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1997).

- [21] Kornfält, K-A., Wikman, H.: Description of the Map of Solid Rocks around Simpevarp. SKB Progress Report 25-87-02, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1987) (internal document).
- [22] Talbot, C., Ramberg, H.: Some Clarification of the Tectonics of Äspö and its Surroundings. SKB Progress Report 25-90-15, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1990) (internal document).
- [23] Möner, N-A.: Postglacial Faults and Fracture on Äspö. SKB Progress Report 25-89-24, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1987) (internal document).
- [24] Christiansson, R., Stenberg, L.: Documentation of the Geological, Hydrological and Groundwater Chemistry Condition in the Access Tunnel. SKB Progress Report 25-91-10, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1991) (internal document).
- [25] Hakami, E.: Pore Volume Characterization—Aperture Distribution of a Highly Conductive Single Fracture—. SKB Progress Report 25-94-30, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1994) (internal document).
- [26] Birgersson, L., Lindbom, B.: Tracer Retention Understanding Experiment (TRUE), Resin Injection Programme—Literature Survey and Conceptual Platform. SKB Progress Report 25-95-27, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1995) (internal document).
- [27] Mazurek, M. et al.: Classification and Characterization of Water-Conducting Features at Äspö: Results of Investigation on the Outcrop Scale. SKB International Cooperation Report 97-01, Swedish Nuclear Fuel Management Co. (1996).
- [28] 三枝博光 他：釜石鉱山での割れ目系特性調査とプレィ・ステップ構造. 岩の力学 '95, pp.492-493 (1996).