

## (2) フィンランドにおける地下岩盤特性調査施設 (ONKALO) 建設の近況

企画小委員会委員 高橋美昭 (原子力発電環境整備機構 技術部)

### 1. はじめに

2004年夏、フィンランドのオルキルオトで、高レベル放射性廃棄物最終処分のための地下岩盤特性調査施設 (ONKALO) の建設が開始された。2005年9月9日時点でアクセス坑道 (斜坑; 延長 5.5km) の総掘進長は約 700m に達した。

今から4年前の2001年5月、フィンランド議会は、原子力発電所で発生する使用済燃料の最終処分場をユーラヨキ自治州のオルキルオト島に設置することを決定した。これによりフィンランドは高レベル放射性廃棄物の最終処分サイトを世界で最初に決定した国となった。実施主体である Posiva (ポシヴァ) 社 (電力会社2社の共同出資会社) は、処分計画の次のステージである地下岩盤特性調査施設 (ONKALO) の建設を開始し、2012年の処分場建設許可申請、2020年頃の操業許可申請に向けて着実に計画を進めている。

高レベル放射性廃棄物 (再処理に伴って発生するガラス固化体もしくは使用済燃料) は、その高い放射能と発生後減衰しながらも長く残存する性質から、長期間にわたり人間の生活環境から隔離する対策が必要とされ、地下深く安定な地層中に処分する「地層処分」が、現在最も好ましい処分方法であるとの国際的な共通認識となっている。諸外国の中で実際の処分を開始した国はまだ存在しないが、上記フィンランドの他、米国が2002年に最終処分場のサイト (ユッカマウンテン; ネバダ州) を決定し、スウェーデンでは2002年から候補地2地点 (オスカーシャム, エストハンマル) で特性調査を開始している。

わが国では2000年の「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」に基づき設立された実施主体 (原子力発電環境整備機構, 以下, 「原環機構」という) が、最終処分施設の設置可能性を調査する区域の公募を開始し (原環機構, 2002), 応募獲得に向けた立地・広報活動及び地層処分技術の開発を行っている。

本稿では、サイト選定で諸外国の先頭に行くフィンランドの地層処分計画の概要と Posiva 社がオルキルオトで進める地下岩盤特性調査施設 (ONKALO) 建設の近況を紹介する。



図-1 フィンランドの最終処分場サイト (オルキルオト) の位置

## 2. フィンランドの処分計画の概要

現在、フィンランドでは、オルキオ原子力発電所（TVO 社，BWR 2 基）とロヴィーサ原子力発電所（フォルツム社，旧ソ連型 PWR 2 基）で合計 4 基が運転中であり，発生する使用済燃料は再処理せずに，そのまま高レベル放射性廃棄物として直接処分する方針である。この基本方針は，1983 年の廃棄物管理目標閣議決定により示され，1987 年の原子力法を受けて，電力会社 2 社の共同出資によって Posiva 社が設置され，最終処分に関する研究開発，処分場の建設，操業を行う実施主体となっている。Posiva 社は，1983 年以降のサイト選定調査を経て 2003 年オルキオにおいて更に詳細な調査を行うための地下岩盤特性調査施設（ONKALO）の建設許可を得た。2012 年に処分場の建設許可申請が行われ，2020 年頃に処分場の操業が開始される計画となっている（図-3）。

表-1 フィンランドにおける高レベル放射性廃棄物の地層処分計画の概要

（原子力発電環境整備機構，2004 を一部修正）

実施主体	- Posiva 社（電力会社 2 社の共同出資会社）
対象廃棄物	- 使用済燃料（BWR，旧ソ連製加圧水型原子炉（VVER）） (Vieno and Nordman, 1999)
処分量	- 2,600t（ウラン換算）*
処分場サイト	- オルキオ（ユーラヨキ自治体） （使用済燃料の最終処分施設サイトに関する原則決定（2001））
地質環境	- 還元性地下水で飽和された結晶質岩 (Vieno and Nordman, 1999)
処分深度	- 400m～700m (Posiva, 1999)
処分場規模	- 地上施設の面積：約 0.15km <sup>2</sup> - 地下施設の面積：約 0.3km <sup>2</sup> - 処分坑道の延長距離：約 13km（図-2 参照） (Vieno and Nordman, 1999 ; Posiva, 1999)
処分システム	- 使用済燃料，キャニスタ，緩衝材，埋め戻し材及び天然の地層からなる多重バリアシステム - キャニスタ：内側が鋳鉄，外側が銅（厚さ 5cm）の二重構造（期待される物理的閉じ込め期間：少なくとも 10 万年） - 鉛直処分孔（深さ 7.8m，直径 1.75m）へ定置（図-2 参照） - 緩衝材は圧縮ベントナイト - 埋め戻し材は砕石にベントナイトを混合 (Vieno and Nordman, 1999 ; Posiva, 1999)

\* 既設 4 基の原子力発電所を 40 年運転すると想定した場合の処分量（Posiva, 1999）。2002 年 5 月に，オルキオ原子力発電所への 5 基目の建設と，計 5 基の 60 年運転を想定した発生量 6,500t（ウラン換算）の処分に対応できる規模への処分場拡張が，法令に基づく手続きにより決定されている（使用済燃料の最終処分施設サイトに関する原則決定（2002））。

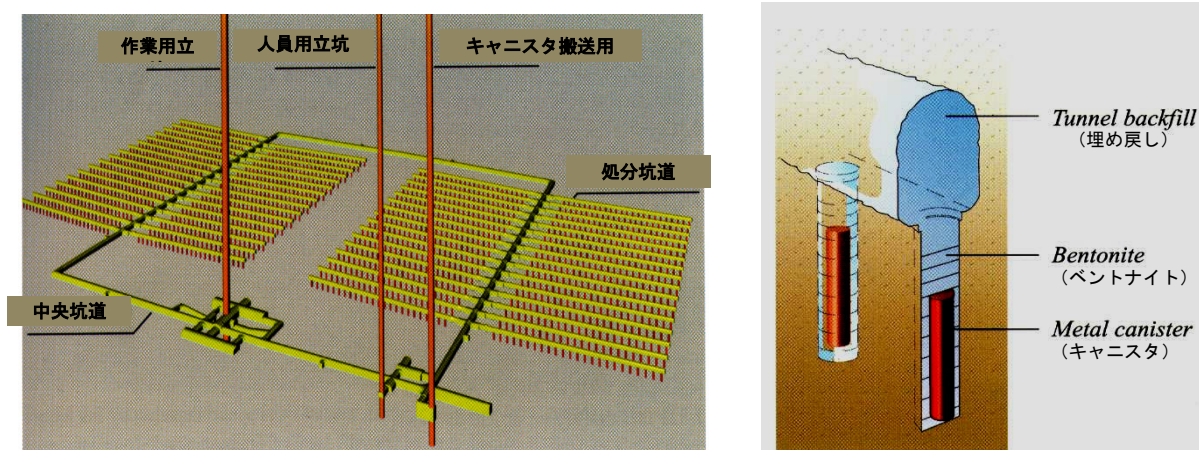
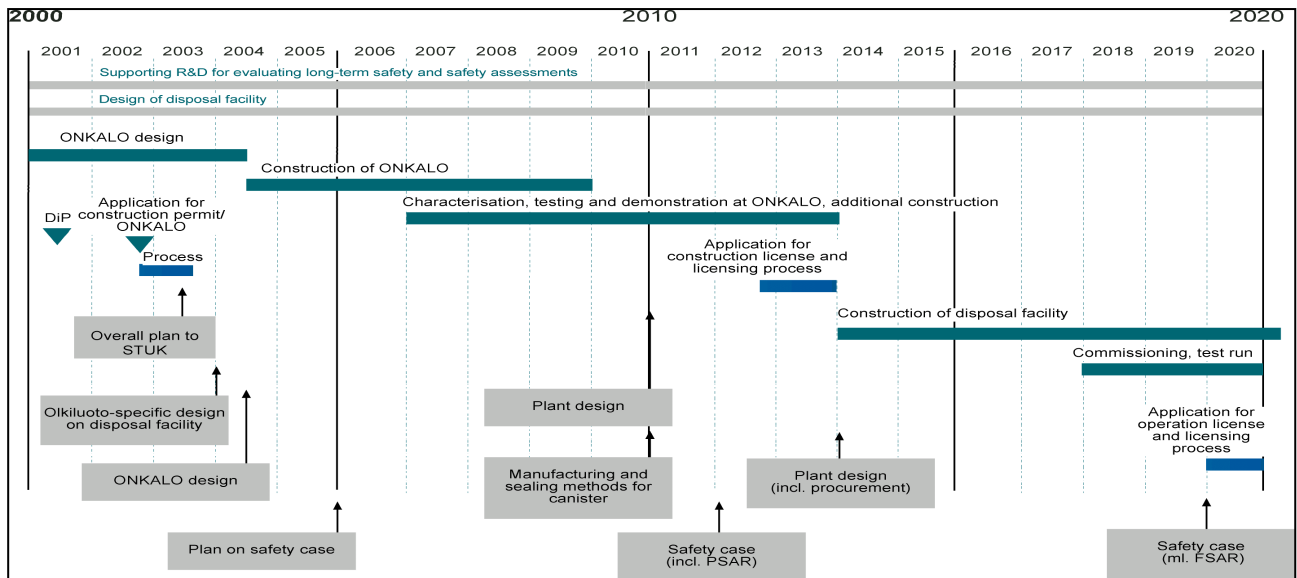


図-2 処分場のレイアウト及びキャニスタの定置イメージ（Posiva, 1999 を和訳）



DiP: the Government's "Decision-in-Principle"  
 STUK: Säteilyturvakeskus (フィンランド放射線・原子力安全局)

図-3 フィンランドにおける処分場建設の主要なスケジュール

### 3. 処分場のサイト選定

処分場のサイト選定は1983年から3段階に分けて調査・選定が行われた(図-4)。原子力法に基づき予備的安全評価や環境影響評価等を経た上で「閣議の原則決定」手続が行われた。その概要を下記に示す。

- 1983年～：文献等による調査により102ヶ所の地域を選定しサイト確定調査を実施
- 1987年～：5ヶ所についてボーリング等による概略サイト特性調査を実施
- 1993年～：コンギンカンギャスのキヴェッティ、クーモのロムヴァーラ、ユーラヨキのオルキルオト、ロヴィーサのハーシュトホルメンの4地点で詳細サイト特性調査を実施
- 1997年：環境影響評価書(EIA)公表
- 1998年春：地元及び国民の支持はオルキルオト、ロヴィーサが高い
- 2000年：処分場建設のための予定地として精密なサイト特性調査を行う地区には、「原則決定」によりユーラヨキのオルキルオトが選定される(土地面積が広く建設の自由度が高い、輸送の必要性が小さい、地元との良好な関係などによる理由)
- 2003年：地下岩盤特性調査施設(ONKALO)の建設許可がオルキルオトのある地元自治体ユーラヨキより発給される。

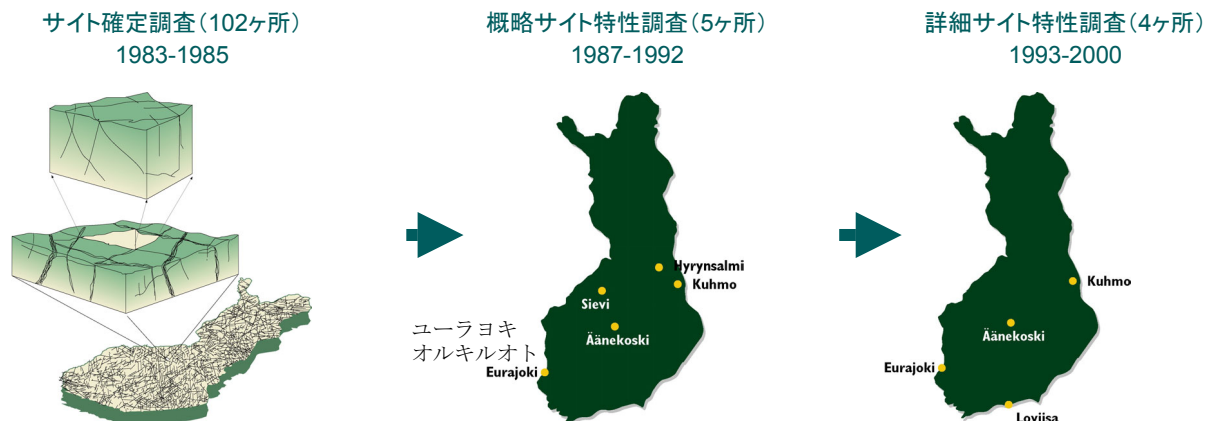


図-4 フィンランドのサイト選定の流れ (Posiva, 1999 を一部和訳)



#### 4. オルキルト周辺の地形・地質

フィンランドは全般的に森と湖に覆われた平坦な地形で、最高峰（ノルウェー付近）でも1300m程度。また、オルキルト島は元は海面下にあった陸地が今から2500-3000年前に浮かび上がった低地の島で、その平均標高は約+5m、調査対象地域の最高所でも標高+18m、周囲の海は浅く水深で最大約30m。

図-5に示すように、氷河期以降、オルキルト周辺は隆起を続けているが、その隆起速度は過去8千年では減少傾向にあり、将来1万年では約40mと推定されている（Posiva, 2003）。地層処分において、地層中に安全に隔離する上で、隆起量の将来予測は非常に重要な項目となる。

オルキルトにおける地層処分のためのボーリング調査等は1987年から開始され、現在まで33本の深層ボーリングを含む調査が実施された。これらのボーリングは破碎帯を横切することを目的に、主に斜めボーリングとし、孔長は125m~1050m、ダブルコアもしくはトリプルコアでサンプリングしている（Posiva, 2005）。三次元の地質構造モデルを構築するため、空中、地上及び孔内から物理探査も実施している。母岩は主にミグマタイト質雲母片麻岩、花崗岩質ペグマタイトといった結晶質岩で(図-6)、地下水環境は還元性地下水で飽和され、下方ほど(約400m以深)塩分濃度が高い地下水となっている（Posiva, 2004a）。

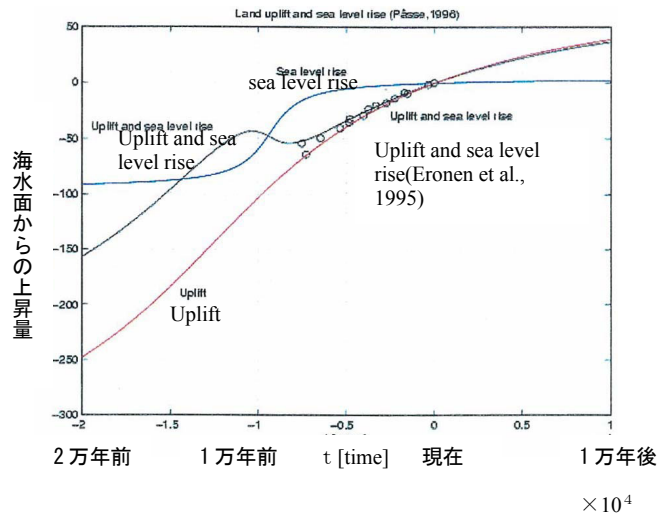


図-5 オルキルト周辺における氷河期後の隆起および海面上昇（Posiva, 2003を一部和訳）

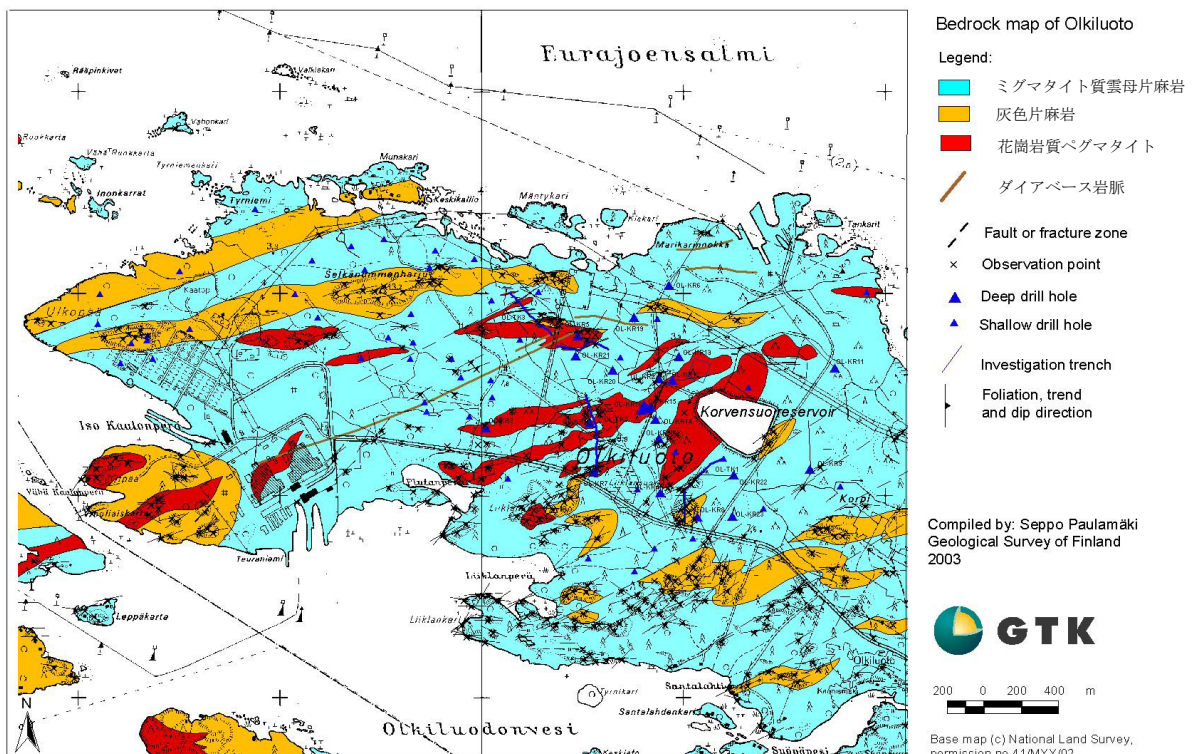


図-6 オルキルト島の母岩の地質（Posiva, 2003bを一部和訳）

## 5. 地下岩盤特性調査施設（ONKALO）建設計画の概要と近況

ONKALO での主要な目的は、

- ・ サイト地質環境の長期安定性に関する既往の評価結果の検証
- ・ 処分場設置空間として適切な母岩の広がり の設定と特定
- ・ 詳細設計のための対象母岩の評価、安全評価及び建設計画立案

とされ、この調査施設は将来的には処分施設の一部として利用される予定である。

図-7 に ONKALO のイメージ図を示す。

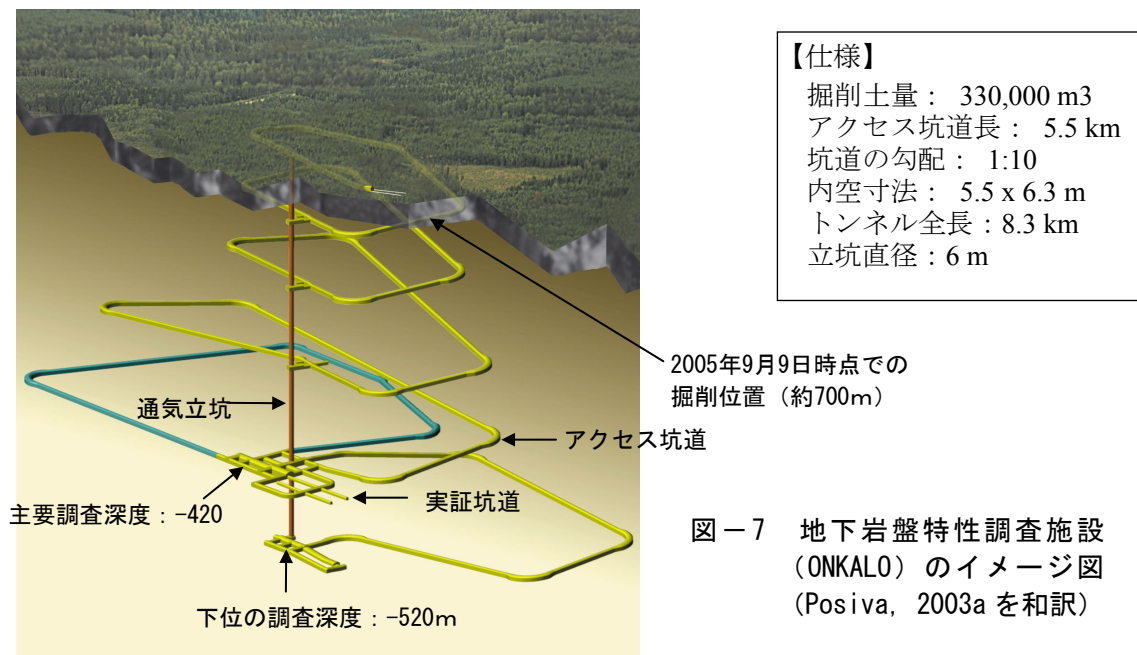


図-7 地下岩盤特性調査施設（ONKALO）のイメージ図（Posiva, 2003a を和訳）

図-8 及び図-9 に ONKALO のアクセス坑道の入口風景及び掘削状況を示す。



図-8 アクセス坑道の入口風景（上図）  
（出典：Posiva 社の Web サイト）



図-9 アクセス坑道の掘削状況（右図）  
（出典：Posiva 社の Web サイト）

将来の処分場は同じ場所に建設されるため、ONKALO の建設及び施設での各種試験実施に当たっては、地層処分で期待する閉じ込め機能（多重バリアによる固有性能）が確保できるよう、できる限り地下の環境を乱さない調査・施工が求められる。例えば、掘削時の岩盤の損傷（掘削影響領域の発生）、応力再配分や長期クリープによる長期変位、変形などが想定されるが、それらを低減する設計、工法が考慮されている。また、ONKALO を最終的に埋め戻すまでに、多重バリアシステムや地質環境以外で持ち込まれる物質（坑道建設材料、空気、水など）の総量を把握し、地層処分システムへのそれらの影響を評価している（Thomas Hjerpe, 2003）。

さらに、人工バリアの主要な構成材料として検討されているベントナイト等の粘土系材料は、グラウトや吹き付けコンクリートで使用されるセメントのアルカリにより変質・劣化することが懸念される（Posiva, 2004b）。これらの影響を考慮して、ONKALO ではセメント量なども把握し、それによる影響評価を行うとともに、それらの影響を避けるため低アルカリ性セメントによるグラウト材料、コンクリート材料など開発にも力を入れている。

## 6. ONKALO の今後の計画

今後、Posiva 社は約 4 年で ONKALO を建設し、それと並行して地下環境の力学的、熱的、水理的、化学的な特性について総合的な調査が行い、地質環境モデルの高度化に向けた解析・評価を進める計画である。ONKALO の建設、調査に伴う力学的・化学的影響などについても評価が試みられ、その結果を基に処分場の本格的な建設に向けた設計が行われる。一方、調査においては各種のモニタリングが継続的に実施されるとともに、調査技術の実証が図られる。

現在、Posiva 社はそれらの調査を適切に行うとともにデータの信頼性確保、品質保証に対して組織全体で取り組んでいる。

## 7. おわりに

現在、サイト選定の上でフィンランドは世界の先頭を走り、現地での調査や立地地域との共生において着実な成果を挙げている。一方、日本については、立地活動においてはサイト選定の第一段階である応募区域の獲得に向けてでき得る手立てを尽くして関心を持つ地域に応募を働きかけていくとともに、地層処分に関わる科学・技術に関しては、次段階の現地調査（概要調査）または処分場設計に向けた準備として、フィンランド他、諸外国の知見を取り入れながら検討を進めていくことが重要となる。

### 【参考文献】

経済産業省（2003）：諸外国における高レベル放射性廃棄物放射性廃棄物の処分について、2003 年 1 月，経済産業省資源エネルギー庁放射性廃棄物対策室。

原子力発電環境整備機構（2002）：高レベル放射性廃棄物の最終処分施設の設置可能性を調査する区域の公募関係資料 1～4，2002 年 12 月，原子力発電環境整備機構。

Nuclear Energy Act (990: 1987.12.11/ 1996.12.12) [原子力法]。

- Posiva (1999) : The Final Disposal Facility for Spent Nuclear Fuel - Environmental Impact Assessment Report, Posiva Oy, May 1999.
- Posiva (2003a) : ONKALO- Underground Rock Characterisation Facility Olkiluoto, Eurajoki, Finland, Posiva.
- Posiva (2003b) : Baseline Conditions at ONKALO, POSIVA 2003-02, Eurajoki, Finland, Posiva.
- Posiva (2004a) : Olkiluoto Site Description 2004, POSIVA 2005-03, Posiva, May 2005.
- Posiva (2004b) : Proceedings of the international Workshop on Bentonite-Cement Interaction in Repository Environments, 14-16 April 2004, Tokyo, Japan, Posiva Working Report 2004-25, Posiva, November 2004.
- STUK (2001) : Guide YVL 8.4: Long-term Safety of Disposal of Spent Nuclear Fuel, Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK).
- Thomas Hjerpe (2003) : Engineering and Stray Materials in the Underground Rock Characterisation Facility ONKALO, Estimation of Quantities at the Time of Backfilling, Working Report 2003-48, Posiva, October 2003.
- Vieno, T. and Nordman, H. (1999) : Safety assessment of spent fuel disposal in Hästholmen, Kivetty, Olkiluoto and Romuvaara - TILA-99, POSIVA 1999-07, Posiva Oy, March 1999.