

フィンランドの地層処分 —地質特性と地層処分の事業展開, 安全規制—

笹田 政克¹⁾・宮城 磯治¹⁾

1. はじめに

森と湖の国といわれるフィンランド, 携帯電話ではNOKIAが世界を席捲し, またLinuxを生み出したこの国は, 高レベル放射性廃棄物の処分地を, 他の国にさきがけて2001年に国会で承認した国でもある。フィンランドでは現在処分場建設許可申請に向けて, 地下研究施設の建設が進められている。わが国では2000年に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」が制定され, 2001年に原子力発電環境整備機構(NUMO)が地層処分事業を開始したばかりの状況にあり, 地下施設を用いた精密調査の開始が2010年代に想定されていることを考えると, フィンランドは事業の進捗面でわが国より10年から20年先を歩んでいる。この国での地層処分事業の実施およびその安全規制と, それらを支援する研究がどのように進められているのかを調査するために, 2003年3月に春まだ浅いヘルシンキの地を踏んだ。

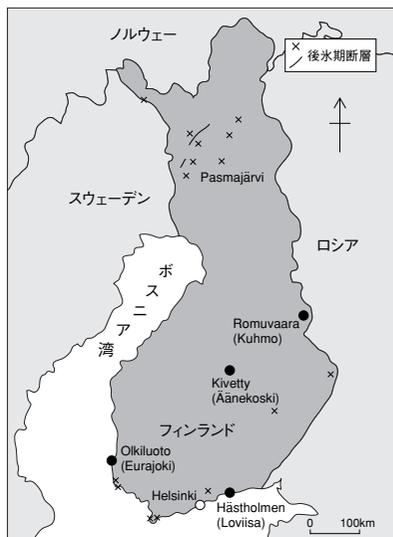
このレポートでは, フィンランドの地質環境と, 地層処分事業の展開及びその安全規制について述べ, 最後に研究支援体制について述べる。なお, 処分場となるオルキルオトの地質については本特集号の口絵でも紹介している。

2. 地質環境—後氷期断層という活断層—

北緯60-70度に位置するフィンランドは, 地形の起伏が少なく, ほとんどの場所が標高500m以下のなだらかな土地である。このフェノスカンディア楕状地は2万年前の最終氷期の時には最大3kmの厚さの氷床に被われていたが, 氷床の後退に伴い土地は上昇し, 現在でも1-10mm/年の速度で隆起が続いている。

楕状地にあるフィンランドの地質はわが国とは大きく異なり, ほとんどが始生代・原生代の結晶質岩(29億-9億年)であり, 極めて安定しているように見える。しかし, フィンランドにも地震があり, 大陸氷河が融けた後の急速な隆起に伴う活断層が存在している。この活断層はフィンランドでは後氷期断層(postglacial fault)と呼ばれている。後氷期断層が処分場を直撃するようなことがあると, 放射性核種の漏洩につながる大きな問題となることから, 公的資金による研究プログラム(JYT)で, 1990年代に集中的な研究が行われた(Rasilainen, 2002)。

後氷期断層はフィンランド国内でこれまでに19地点(可能性の高いものも含む)で見つかっている(第1図)。それらのほとんどは, 北東-南西方向に

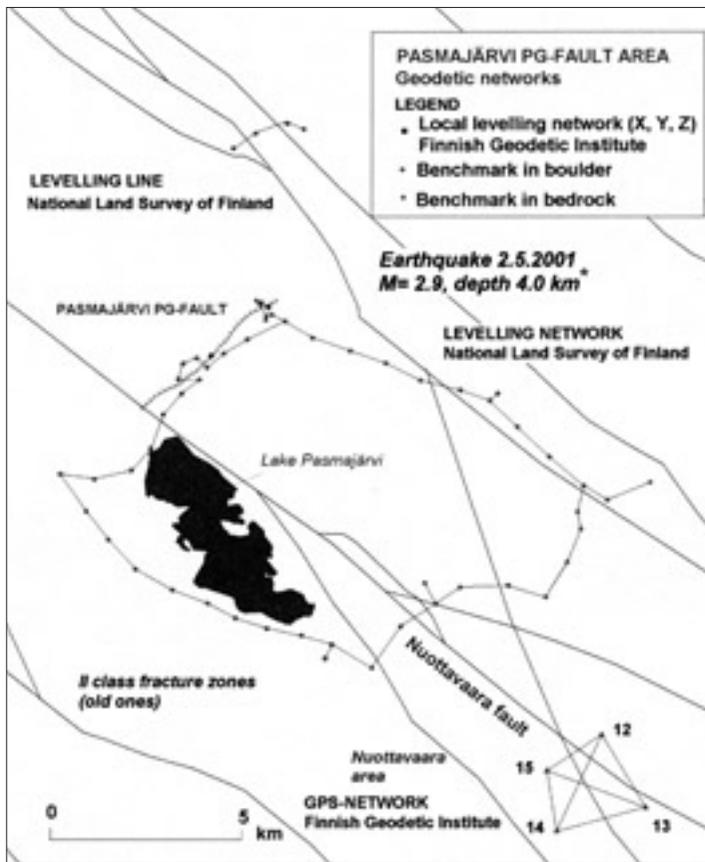


第1図 サイト特性精密調査地区と後氷期断層分布域 (Rasilainen, 2002).

●: サイト特性精密調査地区(自治体名)

1) 産総研 深部地質環境研究センター

キーワード: フィンランド, オルキルオト, 放射性廃棄物, 地層処分, 安全規制, 後氷期断層



第2図
北西方向に断裂帯が発達する地域における Pasmajärvi 後氷期断層と測地的ネットワーク (Rasilainen, 2002).

伸びる南東傾斜の逆断層である。これらの断層が氷河の消失後に形成された、きわめて新しい時代のものであることは、氷河による擦痕のある岩盤の変位及び第四紀の氷成堆積物 (till) の変位から立証されている。これら後氷期断層の中にはトレンチ調査により複数回の活動履歴があったことが明らかにされているものもある。また、後氷期断層の走る Pasmajärvi では4本のボーリングにより、断層の傾斜角が47°であることが、180mの深さまで確認されている。Pasmajärvi では、2001年に4kmの深度でM2.9の地震が起きているが、1991-1995年に行われた後氷期断層及び広域的に発達する断層帯をまたいだ測量では、変動は検出されていない (第2図)。

後氷期断層の成因はまだ十分に解明されていないわけではないが、走向が大西洋中央海嶺に平行な北東-南西方向に揃った逆断層であることから、プレートテクトニクスの枠組みでの北西-南東方向の水平応力の働く場で、氷河が融けた後の急速なア

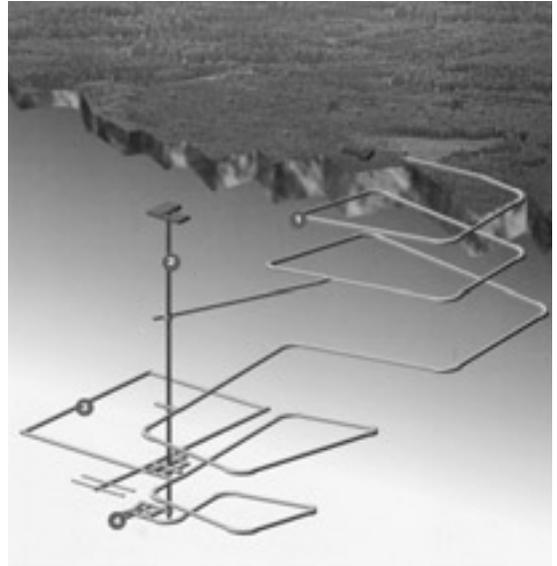
イスタシーによる上昇運動に伴い形成されたものであろうと説明されている。なお、後氷期断層は既存の断裂帯が再動することによって形成されており、古傷のない岩盤に新たに形成された後氷期断層は見つかっていない。

フィンランドの地質環境では、長期的安定性にかかる大きな変動要因はこの後氷期断層の将来にわたる活動にあるといえる。この問題がクリアされれば、残る安全評価にかかる地質学的課題は、地質環境のバリア性能の評価であり、その中でもとくに重要な課題が岩盤中の断層帯の評価である。フィンランドの結晶質岩中には地形に明瞭に現れた断層帯が幾重にも走っており、場所によっては地下水の通路となっている。このような断層帯の分布密度が低い地域を選ぶという観点から、1983年から地層処分場のサイト選定調査が始められ、ボーリングを含むサイトの特性調査及び性能評価を経て、最終的に西海岸のオルキルオトが処分地に選定されている。これらの調査の経緯については、後に詳しく述べる。

3. 原子力発電による使用済核燃料

フィンランドでは原子力発電の使用済燃料を再処理せず、そのままの形で地層処分する。国内には2ヶ所に原子力発電所があり、発電量の27%を原子力発電で賄っている。フィンランドに初めて原子力発電所ができたのはロヴィーサ (Loviisa) で、1977年ソ連の技術的支援により488MWの加圧水型軽水炉が運転を開始した。1981年には同型の2号機が増設されたが、ここでの使用済核燃料は、当初は全てソ連に持ち帰るという契約になっていた。一方、1979年にはスウェーデンの技術的支援によりオルキオトに沸騰水型軽水炉が運転を開始し、1982年に増設された2号機ともども、合わせて840MW×2の出力をもつ。これらの原子力発電所から出される中・低レベルの放射性廃棄物については、それぞれの発電所のサイトの地下に埋設されている。フィンランドでは、現在もう1基の原子力発電所の計画があり、出力を1,000-1,600MWの範囲として、建設地点、炉のタイプ等を含め2005年までに決めることになっている。

現在稼働中の4基の原子力発電プラントから、毎年75tの使用済核燃料(高レベル放射性廃棄物)が発生する。フィンランドの原子力法では、これら使用済核燃料は全て国内において最終処分しなければならないことになっている。当初はソ連に持ち帰ることになっていたロヴィーサ原子力発電所からの使用済核燃料も、フィンランドがEUに加盟した1995年に政策が転換され、国内処分の対象になっている。原子力発電プラントの稼働年数は40-60年と見積もられており、40年を想定したとき両原子力発電所から出される使用済核燃料は2,700tとなる(60年の場合は4,000t)。使用済核燃料の容器の数では40年で1,500本となる。フィンランドではスウェーデンで設計されたSKB-3というタイプの地層処分場を計画しており、そこではキャニスターと呼ばれる容器が10m間隔で深度500mの地下に埋設され、坑道の総延長は15kmとなる(第3図)。この使用済核燃料の地層処分を実施する会社(実施主体)は、当初はオルキオト原子力発電所を所有するTVO (Teollisuuden Voima社)であったが、ロヴィーサ原子力発電所からの使用済核燃料の処分も国内で実施しなければならなくなったことに伴い、



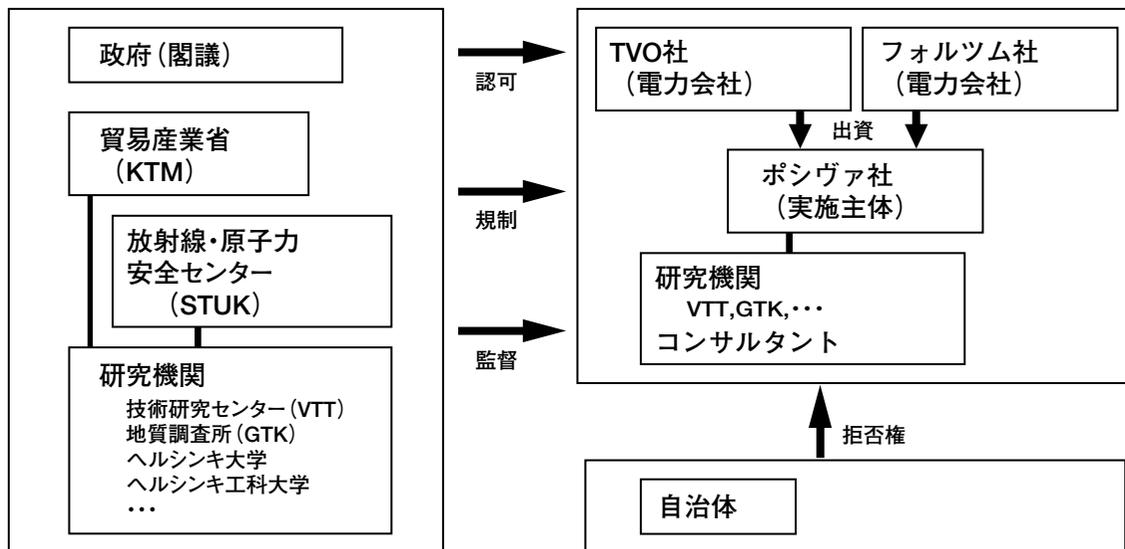
第3図 オルキオト最終処分施設のレイアウト(ポシヴァ社)。

1995年にTVOが60%、ロヴィーサ原子力発電所を所有するフォルツム社 (Fortum Power and Heat Oy) が40%出資して、地層処分の実施主体としてポシヴァ社 (Posiva Oy) が設立された。現在このポシヴァ社がフィンランドの全ての原子力発電所から発生する使用済核燃料を、責任をもって処分することとなっている(第4図)。

4. サイト選定調査

1983年にフィンランド政府は廃棄物管理目標について閣議決定をした。これは高レベル放射性廃棄物処分についての、段階的なサイト選定手続および処分場建設許可申請までの目標時期、処分事業にかかる費用負担等を定めたもので、2020年の操業開始までのマイルストーンが記されている。フィンランドでは現在までのところ、ほぼこの時に作られたスケジュール通りに地層処分事業が進捗してきている。

さて、この閣議決定を受けて実施主体となったTVOはフィンランド地質調査所 (GTK) の協力を得て、1983年からサイト選定調査を開始した。なお、これに先立ち地質調査所は、1980年から結晶質岩分布地域における高レベル放射性廃棄物最終処分地の可能性についての一般地質学的研究を3年間



第4図 フィンランドの地層処分実施体制。

行っている。

サイト選定調査(1983-1986)では、始めに衛星写真・地質図・地球物理学図等に基づき、断裂帯の存在密度の低い327の広域ブロック(100-200 km²)が抽出され、それらにつき人口密度・交通の便・保護区・地下水盆・土地利用計画等の環境要因を評価するとともに地質学的検討を加え、61の広域ブロックが抽出された。

次にこの広域ブロックの中から、5-10km²程度の広さのサイト特性調査候補地区を選定している。この選定作業では始めに空中写真・地形図判読・断裂帯区分により134地区が抽出され、さらに地質学的視点と環境要因によりサイトの適格性が検討され、101の調査候補地区が選ばれた。実施主体はこの101箇所を85に絞り込み、それらの中からの4地区(始生代の岩石が分布する2地区、原生代の2地区)に、原子力発電所のあるオルキルトを加えた5地区を、サイト特性調査地区に選定した。実施主体によるこれらの調査地区選定結果は、貿易産業省(KTM)に報告されている。

貿易産業省はこの選定内容について、規制機関である放射線・原子力安全センター(STUK)に見解を求めている。STUKでは大学教授等をメンバーにした評価ボードをもち、次のようなフィードバックをかけた。候補地区の選定がサイトの適格性に基づくのはよいが、暫定的順位付けは不要である。

処分場候補地としての適格性の検討において、岩盤が無傷である(岩盤中に断裂帯がない)ことを強調し過ぎている。また、調査候補地区の選定にあたっては地質の変化幅を広くとった方がよい(フィンランドには多様な結晶質岩が存在するので、地質学的に見た選択肢を増やすこと。選定された地区の中には塩基性の岩石からなる場所がなかった)。このSTUKのレビューでは、5つのサイトのいずれにも異論はないが、地質の多様性が不十分であると結論されていた。

5. サイト特性調査

サイト選定調査で選ばれた5地区について、1987年からサイト特性調査(Site Characterization)が実施された。サイト特性調査は、サイト特性概要調査(Preliminary Site Investigations: 1987-1992)とサイト特性精密調査(Detailed Site Investigations: 1993-2000)の2段階の調査からなる。前段の概要調査は、サイト選定調査と同様に実施主体TVOに地質調査所が協力して実施されている。概要調査では、地質調査(一般地質・構造地質・断裂帯)・物理探査(電気・磁気・弾性波・レーダー)・坑井調査(20-30m浅部井30-35本、300-1,000m深部井6本)・水文地質調査(透水係数・水頭・地球化学)等の調査が実施され、地質モデ

ル・水文地質モデル等が作成されるとともに、地下水シミュレーションが行われた。

1993年には、この調査結果に基づきこれらの中から、始生代の岩石からなるRomuvaaraと原生代の岩石(花崗岩)からなるKivetty、それに原生代ミグマタイトのオルキルオト(Olkiluoto)が精密調査地区に選定された(第1図)。この選定内容については、概要調査地区の選定の際と同様にSTUKによるレビューが行われている。

1993年から始められた精密調査では、引き続きサイト特性を評価するのに必要なデータを取るとともに、概要調査において作成された地質、水文地質の概念モデルの検証、地下水試料の採取を含むベースライン調査も、この調査の目的となった。1997年には上記3地区に加えロシアに使用済核燃料を輸出できなくなったロヴィーサ原子力発電所のあるヘストルメン(Hästhölm)も精密調査地区に加え、4地区でトレンチによる地表地質調査、4-5本の新規坑井(500-1,000m)を用いた物理探査および水文学的調査が行われ、調査データに基づき地層処分候補地の核種移行に関する性能評価がなされている。なお、地層処分事業の実施主体は当初はTVOであったが、前述したように1995年からはTVOおよびフォルツム社の出資により設立されたポシヴァ社が実施主体となっている。精密調査にはそれまで同様に地質調査所が協力し、また、地層処分システムの性能評価および安全評価には、次章で述べるようにフィンランド技術研究センター(VTT)が協力した。

6. サイトの性能評価

フィンランドでは使用済核燃料は再処理されず、そのまま地層処分される。原子炉から取り出された使用済みの核燃料棒は、12本ずつまとめられ十分な強度をもつ鋳鉄製の容器に納められ、これを還元性環境で腐食に強い銅の円筒型容器で包み込む。これがキャニスターと呼ばれるもので、直径1m、長さ3.4m/4.4m(長さの違いは原子炉のタイプの違いによる)である。

このキャニスターは地下500mの深さに埋設されるが、水平に伸びた坑道から10m間隔で縦坑が掘削され、キャニスターはそこに縦置きになる。定置

されたキャニスターと縦坑の隙間はベントナイト(ナトリウム-モンモリロナイト)で充填され、さらに坑道は岩石片80%にベントナイト20%の混合物で充填される。処分場のレイアウトはスウェーデンで設計されたSKB-3というシステムをベースにしている。

この地層処分システムを、それぞれのサイトに適用した場合の性能評価は、VTTが協力する形でポシヴァ社により実施され、その結果がTILA-96、TILA-99というレポートにまとめられている。サイトの性能評価は、岩盤の断裂に入った核種が移流、分散、拡散の影響を受けて濃度変化していく過程を、1次元のモデルでシミュレートしたもので、キャニスターに孔が空き核種が漏洩するケースと、何らかの原因でキャニスターが消滅してしまうケースを想定している。結果としてはキャニスターに孔の空くケースで、人間への影響は0.0008mSv/yr、キャニスターが消滅するケースで0.01mSv/yrと計算された。いずれも国際放射線防護委員会の基準値0.1mSv/yrを下回っている。ここで、人間への影響については、井戸水を毎日生活に用いているケースを想定している。なお、フィンランドでは地質が花崗岩質の岩石であるため、バックグラウンドの放射線量は3.7mSv/yrと高い。

さて、TILA-96では処分場の性能評価について、核種移行のシミュレーションを行う過程で、VTTは以下の問題点を指摘している。すなわち、処分場近傍での移行経路の同定にあたり、キャニスターからの核種移行経路には4タイプのもの(断裂帯、断裂密度の低い岩石、掘削影響域、充填された坑道・シャフト)がある。最速で核種が移行する経路は、これらの組み合わせとなるが、モデルには不確実性があり、とくに掘削影響域と断裂帯ではパラメータの不確実性が大きい。フィンランドの4ヶ所の処分場候補地について解析したところ、水理構造は地形、母岩特性よりむしろ処分場のレイアウト(坑道と断裂帯の関係)により大きく関係している。

一方、この性能評価に対してSTUKは以下のコメントを出している。すなわち、この性能評価は一言でいうと、あまりに簡略化されており、過度に保守的である。時間経過に依存するモデル(操業および閉鎖後の変化、発熱、海岸地域の地下水の変化、隆起、氷河の影響を考慮)、時間/空間に依存するパラメータが必要であり、また処分体をカバー

する3Dモデル、別経路における核種移行の2Dあるいは3Dモデル、地下水の流動、地球化学的変化、核種移行を連成させたモデルを考慮し、サイトの性能評価をより現実に近いものにすべきである。

7. 環境影響評価(EIA)と原則決定

サイト選定の手続きが進み、精密調査が行われた4地区のサイト特性について、性能評価を含めた調査結果が出されると、次の手続きとして環境影響評価の実施と自治体による意思決定へと進み、そしてそれらを受けての政府は、施設建設が社会の福利と調和するものかどうかの原則決定を行った。

1987年に制定された原子力法および1994年に制定された環境影響評価法に基づくと、原子力施設である放射性廃棄物最終処分施設建設の意思決定プロセスは、次のようになっている。

- 1) 実施主体が環境影響評価(EIA)を実施する。
- 2) 実施主体は新しい施設建設についての原則決定を得ることを政府に申請する。
- 3) 政府は放射線・原子力安全センター(STUK)に安全性についての概要評価を求めるとともに、計画されている原子力施設の受け入れを表明している自治体の見解を求める。自治体は新しい施設に対する拒否権をもっている。さらに政府は関連する機関の見解を求めるとともに、施設周辺の自治体住民の意見を聞く場を設ける。貿易産業省はこれらの取りまとめを行う。
- 4) 政府は施設建設が社会の福利と調和するものかどうかについて原則決定し、肯定的な原則決定であれば国会に承認を求める。
- 5) 原則決定が肯定的である場合、実施主体は建設許可を政府に申請する。政府は関連する機関から見解を求め、原子力施設建設の許可を与えるかどうか決定する。
- 6) 建設の終了に向かう段階で、実施主体は施設の操業許可の申請を行う。これに関して政府は必要な公式見解を受けた後、施設の操業許可を与えるかどうかを決定する。

このように処分施設建設の原則決定には、環境

影響評価(EIA)とともに自治体の受け入れ表明が必要となる。EIAの内容は多岐にわたっており、施設の建設時、操業時および閉鎖後における、自然環境、土地利用、景観から人間の健康、社会構造までの人間社会への影響を広くカバーしている。地層処分の候補地にあげられた4つの自治体(Eurajoki, Kuhmo, Loviisa, Äänekoski)では、1997年からの3年間を「EIAの時代」と呼んだ。また国レベルでもEIAの議論が活発に行われていた。

EIAに関係する組織は、ポシヴァ社、貿易産業省、放射線・原子力安全センター(STUK)およびそれぞれの自治体であり、実施主体であるポシヴァ社がEIAのプログラムおよび報告書に責任をもつ。フィンランドでは地域における環境影響評価のような事項は、通例は地方の環境センターのような機関が管轄するが、本件では原子力法が適用される施設が、貿易産業省の所管となることから、貿易産業省が監督官庁となっている。また、STUKは放射性廃棄物の安全規制において、大変重要な機関であるが、ここでの役割はむしろ限られたものであり、貿易産業省にEIAのプログラムおよび報告書についての見解を提出することであった。原子力法により拒否権が与えられているそれぞれの自治体では、公聴会への参加、当局である貿易産業省への書面での意見提出、EIAコンタクトパーソンへの接触等により、住民がEIAのプロセスに参加した。

このEIAのレポートでは、地層処分を選択した場合と選択しなかった場合の得失についての検討と、調査段階から処分場の建設、操業、そして閉鎖後のすべてにわたっての候補地における環境影響評価が述べられている。これらの中で処分場閉鎖後の環境影響については、使用済核燃料の保管容器の耐久性の評価から始まり、保管容器が消滅してその機能をなくした場合にベントナイト粘土等の人工バリアの防御で確保される安全性について、さらには前述した後氷期断層の運動によって、すべての容器が破損した場合についての安全評価が述べられている。

このレポートを検討した4つの自治体のうち、オルキオト原子力発電所のある自治体ユーラヨキ(Eurajoki)と、原子力発電所のあるもう一つの自治体ロヴィーサ(Loviisa)は、ともに賛成多数で処分施設の受け入れを支持した。ポシヴァ社はこの2つの

自治体の中から社会的な理由等によりオルキオトを選択し、環境影響調査報告を添えて、処分施設の建設に関する原則決定を行うよう政府に申請した。

処分施設の建設について、その許可に先立ち、社会の福利と調和するものかどうかについて原則決定することは、フィンランド特有の意思決定プロセスの中で、極めて重要なステップであり、ポシヴァ社の提案による処分施設建設にかかる原則決定は、2001年5月のフィンランド国会において審議され、賛成159、反対3、(欠席37)で承認された。

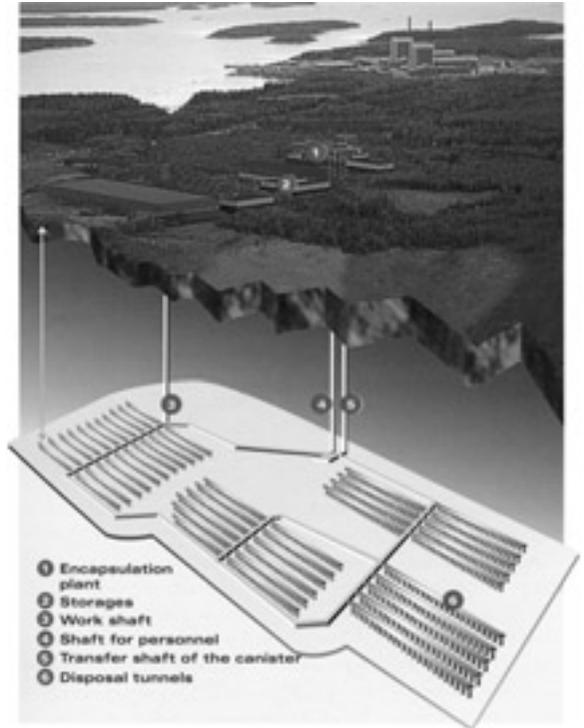
8. オルキオト

処分施設建設が原則決定されたオルキオトは、フィンランド西海岸にある小島であるが、本土とは短い橋で接続されており、現地を訪問した際の車での移動ではほとんど陸続きの場所であるという印象であった。

オルキオトは原生代(19億年)のミグマタイト(泥質および砂質)と花崗岩からなり、様々な褶曲構造および断裂が認められる。さらにこれらを12億年の輝緑岩の岩脈が貫いている(本号口絵参照)。岩盤内の断裂には方向性が顕著に認められ、 $N10^{\circ}W$ の方向と $N80^{\circ}E$ の方向が卓越している。また、断裂の一部は熱水性の鉱物で充填され、年代測定をすると、10億年から13億年の値を示す。

さて、処分場の原則決定がなされたオルキオトでは、後氷期断層の影響は大丈夫であろうか。幸いにもオルキオトには後氷期断層は見つかっていない。オルキオトでの変動モニタリングについては、電力会社によりベンチマークが設置され、2000年から観測が行われている。GPSおよび水準測量を用いたスウェーデン・フィンランド地域の広域的な変動量観測の結果、後氷期断層が存在する地域で水平変位が大きいことがわかっており、オルキオトはこの変動量の大きな地域からは外れている。

また、フィンランドでは、海岸から内陸にかけて結晶質岩中の地下水には、一般に層状構造が認められ、地表付近には降水起源の地下水が、深所には塩水が存在する。オルキオトにおいても同様の層状構造が確認されている。しかし、掘削により地下施設が建設されると、この状況が大きく変化し、地表付近の淡水が地下深部に大きく流入することが

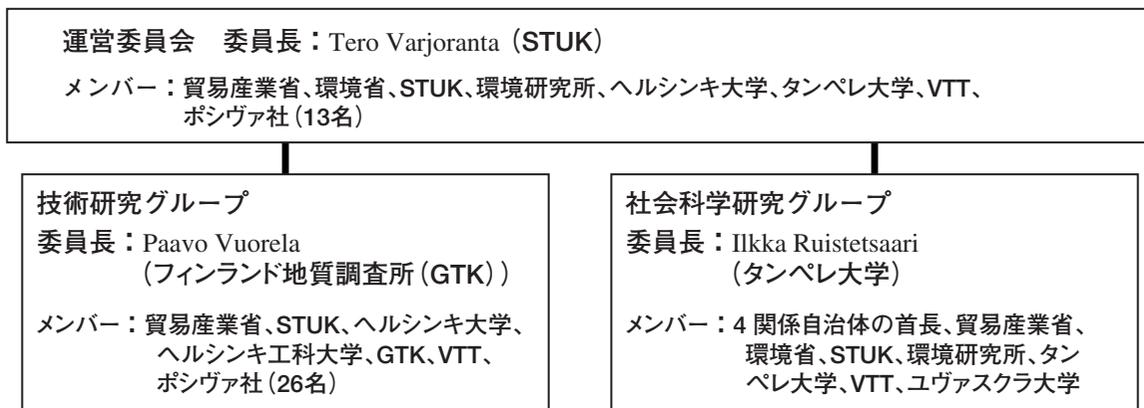


第5図 Onkalo地下研究施設(ポシヴァ社).
①アクセストンネル
②通気孔
③メインとなる調査レベル(-400m)
④下側の調査レベル(-500m)

予想される。この地下水系の変化の状況は、VTTによりFEFTRA(FEFLOWを高機能化したソフト)を用いたシミュレーションにより再現され、モデルの評価及び地下水系の将来予測が行われている。

9. 地下研究施設とSTUKの関与

現在オルキオトでは原子力発電所の東側の地区でONKALO(フィンランド語ではほら穴や地下貯蔵所の意味)と呼ばれる地下研究施設の建設が行われている(第5図)。この研究施設の坑道は将来において処分場の一部となる可能性がある。ポシヴァ社はこれまでの調査結果から地下の地質構造を予測しながら、地下研究施設の建設を進めているが、一方、放射線・原子力安全センター(STUK)もポシヴァ社から調査データを随時受け取り、STUKで開発したシステムにデータを投入することにより、独自にポシヴァ社の調査の進行を監視している。



第6図 JYT2001研究プログラムの運営。

STUKではポシヴァ社の事業内容を監視するためのレビューボードとして、外部から専門家を招いて、以下の4つのグループ、即ち、地質構造調査・モデルのレビューグループ、地質水文学的調査のレビューグループ、水文地球化学的調査のレビューグループ、母岩変動調査のレビューグループを組織している。また、事業の進捗に応じて、地下工事・岩石力学のレビューグループも組織する計画となっている。

これらのうち地質構造調査・モデルのレビューグループは年に2回会合をもち、ポシヴァ社から関係するあらゆる調査データの提供と説明を受け、以下の項目での検討を行っている。すなわち、それらは、地質の均質性、サンプリング問題（地質との関係での坑井配置の適格性）、データの不確実性、地質構造規制、応力場の評価、ONKALO地下研究施設のデザインおよびモデル、ベースライン（地下研究施設建設前の状態）、地質構造モデルである。このレビューグループでは、STUKの地質研究者がコーディネータを務め、フィンランドの地質調査所とヘルシンキ大学、スウェーデンの原子力施設検査機関 (SKI) と民間の地質コンサルタント、および英国の大学から、教授、研究者、技術者がメンバーとなっている (Cosgrove *et al.*, 2003)。

10. 研究支援体制と公的資金による研究 (JYT/KYT)

放射性廃棄物地層処分の研究を実施している研究機関としては、フィンランド技術研究センター

(VTT) (プロセス・建築/輸送・産業システム)、フィンランド地質調査所 (核廃棄物/環境地質)、ヘルシンキ大学 (放射化学)、ヘルシンキ工科大学 (岩石工学・数学) があり、それぞれの専門性を生かした研究を行っている。これらの研究機関では、処分事業を監督する国の機関を技術的に支援する目的で、公的資金による研究が行われている。一方、ポシヴァ社からの研究開発費 (年間1000万ユーロ程度) もこれらの研究機関および民間会社に流れている。同じ研究機関で、実施側のポシヴァ社からの研究費と規制側のSTUKからの公的研究費をもらう場合もあるが、研究担当者のレベルで仕分けがなされている。

さて、公的資金による研究は、第1期 (1989-1993 : JYT)、第2期 (1994-1996 : JYT2)、第3期 (1997-2001 : JYT2001) と進められ、現在は第4期のプログラム (KYT) が実施されている。公的資金による研究では、母岩の地質学、水文学、地球化学、人工バリアの安定性、母岩中の核種移行等についての地層処分の安全性にかかる技術的研究と、意思決定にかかる社会科学的な研究が行われてきており、全体として広い範囲をカバーしている (Rasilainen, 2002)。

たとえば、地質学の分野では、冒頭に紹介した後氷期断層の研究が、水文学、地球化学の分野では、小規模なウラン鉱床のある Palmottu でのナチュラルアナログの研究や、花崗岩体の地下水中で酸化還元反応の研究が行われた。また、水理学の分野では、断層の発達する岩盤の地下水流動モデルの研究が、地球統計学のアプローチにより行

われていた (Rasilainen, 2002)。

フィンランドでは限られた人的資源および科学的研究の蓄積の中で、実用的な成果を出すために、公的資金による研究においては、目的を意識してできるだけ効率的に実施する必要がある、そのためにこの研究プログラムの運営に関係者が参加する形態がとられている。JYT2001の研究プログラムの運営形態を第6図に示す。

JYT2001終了後、2002年から2005年までの期間に実施されている公的研究プログラムKYTでは、年間予算約100万ユーロが充てられている(原則決定がなされた後の公的研究費は大きく減額されている)。KYTの研究資金源は、貿易産業省、STUK、ポシヴァ社、フォルツム社、TVO、技術庁であり、VTTのKari Rasilainen氏がKYTのコーディネータを務めている。ここでの研究プロジェクトは国家的な視点から重要であるばかりでなく、中立的である必要があり、KYTでは認可にかかる課題は取り上げないこととしている。KYTでは、戦略的研究として、核燃料サイクルの基本的なオプションについての研究と、低レベル、中レベル廃棄物についての研究プロジェクトが、また、使用済核燃料処分の長期的安全性の研究として、安全性評価の方法論、処分場からの核種の放出、母岩および地下水、母岩中での放射性核種の移行、生物圏についてのプロジェクトが、上述した支援研究機関において実施されている。

11. おわりに

フィンランドでは地層処分についての社会的合意形成が進んでおり、2001年に議会で、オルキオトに処分施設を建設する「原則決定」が承認された。実施主体であるポシヴァ社は、現在オルキオトで地下研究施設の建設を行っている。そして規制機関であるSTUKがポシヴァ社による処分事業を継続的に監視している。フィンランドのケースは地層処分の先行事例として、学ぶべき点が多くあると思うが、今回の訪問では特に規制機関が現実的な対応をしていることが印象に残っている。

フィンランド訪問にあたっては、とくに以下の方々

にお世話になった。記して感謝の意を表したい。フィンランド地質調査所 (GTK) のRaimo Matikainen 所長, Gabor Gaal研究部長, Paavo Vuorela放射性廃棄物・環境地質マネージャー, Seppo Paulamaki氏, 放射線・原子力安全センター (STUK) のKai Jakobsson氏, フィンランド技術研究センター (VTT) のKari Rasilainen氏, Henrik Nordman氏, ヘルシンキ大学のOlof Solin教授, Martti Hakanen氏, ポシヴァ社のVeli-Matti Ammala氏には、それぞれの機関での研究、業務内容についてご説明いただいた。とりわけGTKのPaavo Vuorela氏には、私たちの調査行程全体のアレンジをしていただくなど、大変お世話になった。

なお、2003年3月にフィンランド出張中に見聞した内容および収集した文献類については、共著者の1人である宮城により、地質調査総合センター研究資料集にまとめられている (宮城, 2003)。

関係機関のURL

フィンランド地質調査所

<http://www.gsf.fi/welcome.html>

ポシヴァ社

<http://www.posiva.fi/>

<http://www.posiva.fi/englanti/index.html>

放射線・原子力安全センター

<http://www.stuk.fi/>

<http://www.stuk.fi/english/>

ヘルシンキ大学・放射化学教室

http://www.chemistry.helsinki.fi/radlab/english/index_html

フィンランド技術研究センター

<http://www.vtt.fi/indexe.htm>

文 献

- Cosgrove, J., Jokinen, J., Siivola, J. and Tiren, S. (2003): The geological and structural characterization of the Olkiluoto site in a critical perspective. IMGS 2002 REPORT, STUK, STUK-YTO-TR 196, 20p.
- 宮城誠治 (2003): フィンランド出張報告2003年3月。地質調査総合センター研究資料集, no.389.
- Rasilainen, K. ed. (2002): Nuclear waste management in Finland. Ministry of Trade and Industry Finland Studies and Reports 15/2002, 258p.

SASADA Masakatsu and MIYAGI Isoji (2004): Geological disposal of nuclear wastes in Finland.

<受付: 2004年7月22日>