

現状調査 最終処分場 世界の現状

岡山大学名誉教授 西垣 誠



(にしがき まこと)
岡山大学名誉教授
原子力発電環境整備機構 (NUMO)
評議員

○略歴
京都大学交通土木工学専攻で学位
を取得。2005年から岡山大学環境
生命科学研究所教授、日本地下水学
会、地盤工学会、ダム工学会などで
専門委員長、国の委員会委員などを
歴任。各学会で論文賞などを受賞。

高レベル放射性廃棄物の最終処分場の世界の現状について報告する。すでに建設が開始されているフィンランド、建設許可審査中のスウェーデン、処分地の選定が進んでいるフランス、スイス、カナダ、米国について以下に詳細を述べる(表1)。

本稿は、「諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について(2020年版)」(経済産業省資源エネルギー庁、2020年2月)を基にとりまとめたものである。

フィンランド

フィンランドでは最終処分場の建設が進み、世界で初めてその処分が2020年代に

実現される見込みだ。

同国では、1983年に処分場のサイト選定段階と目標時期が設定され、2000年末までに最終処分地を選定できるようにサイト調査を3段階で進めることが決められていた(図1)。



調査を通じて、2001年にエウラヨキ自治体のオルキルオトが処分地に決まり、実施主体のポシヴァ社が法律に基づいて、2012年末に処分場の建設許可申請を行った。2015年に許可が発給され、2016年12月から処分場の建設が開始されており、2020年頃に操業許可申請が計画されている。

処分廃棄物は、原子力発電所から出る使用済燃料6500t/ウラン相当になる。処分地の地質は、結晶質岩に分類される花崗岩で、処分場の深度は約400〜450mと計画されている(図2)。

スウェーデン

スウェーデンでは、最終処分場の場所の選定が終わり、工事が近く始まる見通しだ。

表1 処分場の状況

国名	計画	処分サイト	処分廃棄物	岩種・深度
フィンランド 	2001年:最終処分地の決定 2016年:処分場建設開始 2020年代:処分開始予定	エウロヨキ自治体 オルキオト	使用済燃料 6,500tU (直接処分)	花崗岩(結晶質岩) 深度約400~450m
スウェーデン 	2011年:立地・建設許可申請 2031年頃:処分開始予定	エストハンマル自治体 フォルスマルク	使用済燃料 12,000tU (直接処分)	花崗岩(結晶質岩) 深度約500m
フランス 	2010年:地下施設展開区域 ZIRA約30km ² の 決定 2035年頃:処分開始予定	ビュール地下研究所の 近傍	ガラス固化体 12,000m ³ TRU廃棄物 72,000m ³ (核燃料サイクル)	粘土層(堆積岩) 深度約500m
スイス 	2008年:特別計画に基づく サイト選定の開始 2018年:候補地3カ所を選定 2019年:ボーリング調査開始 2060年頃:処分開始	3カ所を選定	使用済燃料・ ガラス固化体 9,402m ³ TRU廃棄物 1,072m ³ (直接処分)	オパリナス粘土 (堆積岩) 深度約400~900m
カナダ 	2010年:サイト選定開始 2012年:22自治体関心表明 2020年:2自治体に絞り込み 2040~2045年頃: 処分開始予定	2カ所を選定	使用済燃料 約57,000t(重金属換算) (直接処分)	岩種未定 深度500~1,000m
米国 	2013年:エネルギー省DOE の管理・処分戦略 2048年:処分開始	ネバダ州 ユッカマウンテン	使用済燃料・ ガラス固化体 70,000t(重金属換算) (直接処分)	凝灰岩(堆積岩) 深度200~500m
日本 	2002年:公募開始 2008年:東洋町応募取り下げ 2017年:科学的特性マップの 公表	未定	ガラス固化体 40,000本 TRU廃棄物 19,000m ³ 以上 (核燃料サイクル)	岩種未定 深度300m以上

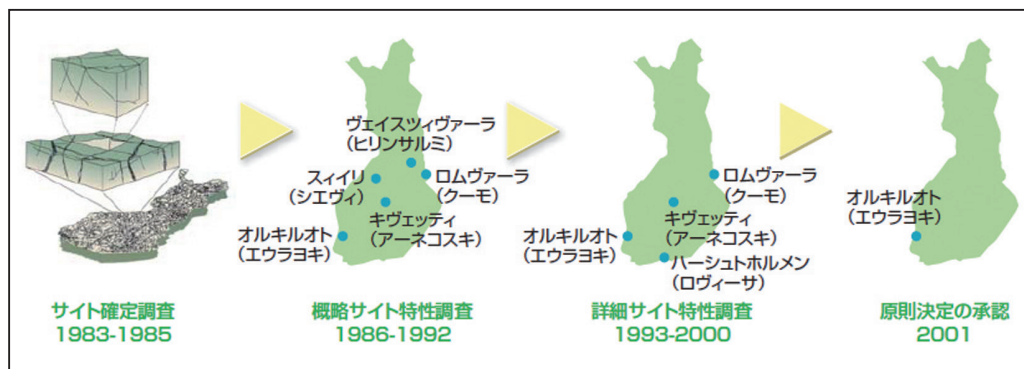


図1 フィンランドでの3段階のサイト調査による処分地の選定

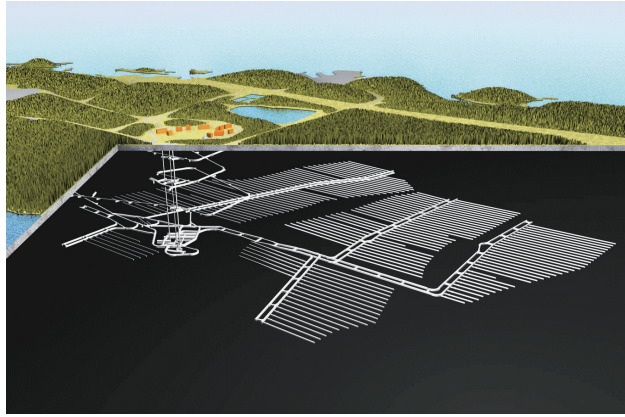


図2 オルキルト処分場概念図

同国では、原子力活動法に基づいて、実施主体のスウェーデン核燃料・廃棄物管理会社（SKB社）が3年ごと研究開発計画を作成し、これを規制機関等がレビューし、政府が承認する手続きとなっている。SKB社は、1992年の研究開発計画においてサイト選定プロセスとして、①総合立地調査、②フィージビリティ（実行可能性）調査、③サイト（現場）調査、④詳細特性調査という4種類の調

査を設定し、2段階で選定を進めることとしていた。1995年に政府は、第1段階の調査は5〜10の自治体で、第2段階の調査は少なくとも2カ所で行うという条件を設定していた。

① 総合立地調査は、文献ベースの調査で、特定の自治体を対象としたのではなく、自治体を対象に行うフィージビリティ調査と並行して実施された。

② フィージビリティ調査は、既存の地質関連文献のほか、土地利用状況、環境、雇用面の影響を調査するもので、SKB社が全国の自治体（当時286）に公募または申し入れを行い自治体議会の了承があることを条件とした。SKB社は、1995年から申し入れを行い、自治体議会の承認が得られた6自治体で調査を実施した（図3）。

③ サイト調査は、フィージビリティ調査結果に基づいて2000年11月に3カ所が候補地として選定された。規制機関などによる審査が行われた。2001年11月に政府が承認した。その後、3自治体でサイト調査の受け入れ可否が審議された。受け入れを決めた2自治体でSKB社は2002年から約5年間、地表からのボーリングを含むサイト調査

を実施し、2009年6月に地質学的条件が有利であったエストハンマル自治体のフォルスマルクを選定した。

④ 詳細特性調査は、建設許可が出された後の処分場の建設段階に実施されるものである。

SKB社は、2011年3月にフォルスマルクに処分場を立地・建設する許可申請を提出し、現在、審査中で、2031年頃の処分開始を目指している。

処分廃棄物は、原子力発電所から出る使用



図3 フィージビリティ調査とサイト調査受け入れ状況

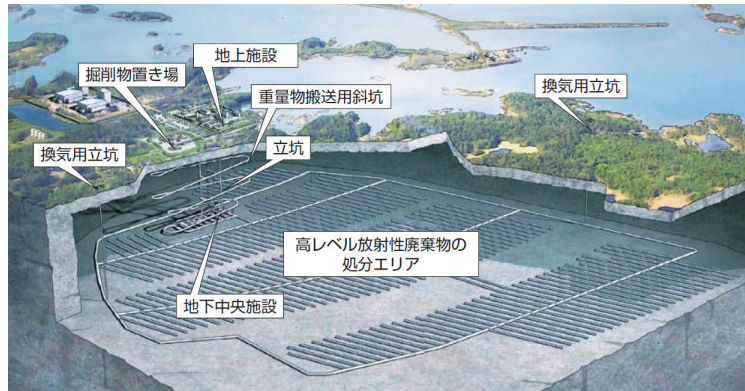


図4 フォルスマルク処分場概念図

済燃料1万2000t／ウラン換算で、処分の地質は、花崗岩で、処分場の深度は約500mとされている(図4)。

フランス

フランスでは、地下研究所の設置とサイト選定に向けた地質媒体の調査が行われている。

同国では、1987年に実施主体の放射性廃棄物管理機関(ANDRA)がサイト選定を目的として、岩塩、粘土、頁岩、花崗岩という4つの地質媒体を有するサイトで調査を開始した。しかし反対運動が起り、1990年2月に政府は一時的に現地調査を停止した。

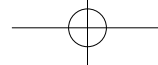
政府は、反対運動が生じた原因について調査を行い、その結果を基に放射性廃棄物管理研究法の法案を作成し(1991年12月30日発効)、まず地下施設で放射性物質の処分方法などの研究を行い(地下研究所)の研究対象となった地層が処分の対象となり得ること、地下研究所内での放射性廃棄物の処分を禁止することを規定した。

政府は、地下研究所の受け入れに関心を示した約30の申請地域に対して地質学的評価などを踏まえて申請地域が属する10県を選定し、そのうちの8県で地元との協議を行い、

1993年に4県のサイトが提案された。ANDRAは、予備的な地質評価作業を実施した結果、ビュール(ムーブズ県／オート＝マルヌ県)、ガール、ヴィエンヌの3カ所のサイトを提案し、1996年6月に政府は3サイトでの地下研究所の建設および操業許可申請書の提出を認めた。

1998年12月に、政府は、異なる2種類の地質媒体に対する調査を2カ所の地下研究所で実施する必要性を示し、粘土層に関してはビュールを選定し、1999年8月3日に地下研究所の建設および操業を許可した。一方、花崗岩に関してはサイトを新たに探すこととして地元との対話を試みたが、全国的な反対を受け、2000年5月に対話を中断した。

ANDRAは、ビュール地下研究所周辺の約250km²の区域(図5)を対象に、サイト選定に向けた調査を進め、1次案として同区域から4つの候補サイトを選定して地元関係者等と協議し、政府への提案準備を進めた。2009年末に、処分場の地下施設の展開が予定される30km²の区域(ZIRA)と地上施設を配置する可能性のある区域を提案し、2010年3月に政府の了承を受け、調査・



検討が続けられている。
 処分廃棄物は、高レベル放射性廃棄物であるガラス固化体1万2000m³と、併置処分を想定しているため長寿命中レベルTRU廃棄物7万2000m³で、処分地の地質は、粘土層で、処分場の深度は約500mとされている。

【 スイス 】

スイスでは、候補地が3カ所に絞り込まれ、

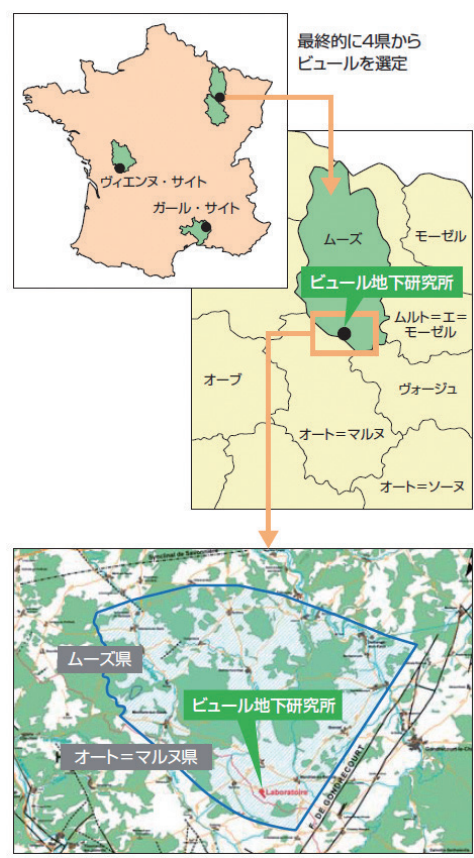


図5 ビュール地下研究所の周辺約250km²の区域

サイト選定の第3段階に進んでいる。
 同国では、2005年2月施行の原子力令に基づいて、連邦エネルギー庁（BFE）を中心として「特別計画」の策定作業が開始され、州や自治体に加えドイツ、オーストリアなどの近隣諸国からも意見聴取がなされ、2008年4月に策定に至った。
 サイト選定の第1段階は、2008年10月に実施主体の放射性廃棄物管理共同組合（NAGRA）が、地質学上の要件を満たし、地下に処分場を建設可能な地質学的候補エリアを提案して始まった。NAGRAは、安全性

と技術的実現可能性に関するサイト評価基準に従って全国から絞り込みを進め、地質学的候補エリアとして地下400～900mの範囲に処分場の母岩となるオパリナス粘土が十分な厚さで存在している6カ所を提案し、2011年11月に連邦評議会により承認された。
 第2段階で、NAGRAは6つのエリア内の34カ所の地上施設設置区域案の中から、科学的・技術的な基準に基づいて絞り込みを行った。不透水性の岩盤が適切な深度にあり、水河等による侵食の影響を受けず長期に安定しているため放射性廃棄物の安全な閉じ込めが実現できる区域として、2015年1月末に「チューリッヒ北東部」と「ジュラ東部」を提案した。2018年11月、連邦評議会は、「北部レゲレン」を加えた3カ所を第3段階に進む候補として承認した（図6）。
 第3段階では、2019年4月よりNAGRAがボーリング調査を実施しており、BFEが今後経済的な側面に関する詳細調査を実施する予定である。これらの調査結果を踏まえ、NAGRAは、高レベル放射性廃棄物と低レベル放射性廃棄物用の処分場サイトを提案し、BFEに概要承認を申請する予定

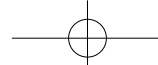




図6 処分場の3カ所の地質学的候補エリア

である。議会による概要承認の後は、地下特性調査施設の建設等の詳細な地球科学的調査が実施される。

処分廃棄物は、使用済燃料とガラス固化体を併せた9402m³と、併置して処分する長寿命中レベルTRU廃棄物1072m³で、処分地の地質は、フランスと同じ粘土層で、処分場の深度は約400～900mとされている。

カナダ

カナダでは、候補地の選定が進み、2カ所に絞り込まれている。同国では、2010年5月に実施主体の核燃料廃棄物管理機関（NWMO）が処分場のサイト選定計画を公表し、サイト選定プロセスの第1段階を開始している。プロセスでは、原子力立地州であるオンタリオ、ケベック、ニューブランズウィック、サスカチュワンの4州を対象に自治体や地域を公募し、関心表明を行った地域の中から候補地を選定することとしている。プロセスは、2010年5月から開始され、2012年9月末までに22の自治体が関心表明を行い、現在は関心表明の受付を一時中断している。

第2段階では、既知情報に基づくスクリーニングが実施され、処分場に適する地層を含む可能性が低い1自治体が除外され、パスした21自治体が第3段階に進んだ（図7）。

第3段階では、机上調査を行う第1フェーズ（1～2年）と現地調査を行う第2フェーズ（3～4年）の間で中間評価を行い、自治体の絞り込みがなされる。2015年10月に

第1フェーズの調査が完了して11自治体が第2フェーズに進んでいる。

第2フェーズでは、技術的要件を満たす可能性のあるエリアを特定するために、空中物理解探や環境調査等を実施するとともに、自治体や周辺地域の関心促進プログラムが実施されている。2020年1月にサウスブルース自治体（図7中⑳）でフィールド調査に十分な広さの土地約1300エーカー（526ヘクタール）が確保できたことから、現在、オンタリオ州北部のイグナス・タウンシップ（同㉑）と同州南部のサウスブルースの2つの自治体に絞り込まれている。

処分廃棄物は、使用済燃料約5万7000t（重金属換算）で、処分地の地質は、結晶質岩または堆積岩のいずれかで、処分場の深度は約500～1000mとされている。

米国

米国では、1982年に放射性廃棄物政策法により実施主体の民間放射性廃棄物管理局（OCRWM）が設置され、1983年にエネルギー省（DOE）は9カ所の候補サイトを



図7 サイト選定プロセスに参加した自治体の位置

を選定した。1986年にサイト特性調査に適した5カ所を指定し、このうち3カ所(ユッカマウンテン、デフスミス、ハンフォード)が大統領の了承を得た。1987年に放射性廃棄物政策修正法が成立し、サイト特性調査を行う処分候補地としてユッカマウンテン1カ所が指定された。DOEは、1998年にユッカマウンテンがサイトとして実現可能であることを示す報告書を公表している。

2001年に立地承認決議案が連邦議会でも可決され、大統領の署名を得て法律となったことにより、ユッカマウンテン・サイトの法的決定手続は終了している。

当初2004年末までに行うとしていた許認可申請書提出のスケジュールは、さまざまな要因から遅れが生じ、DOEは、2005年10月に地上施設を簡素化する設計変更の方針を示し、2006年7月に申請書を提出したが、予算削減の影響から操業開始を2020年3月へと延期した。

その後、オバマ政権時にユッカマウンテン計画は中止の方針となった。DOEおよび連邦議会において、同意に基づくサイト選定プロセスについて法制化に向けた具体的な検討が行われ、2019年12月現在、連邦議会上

院で「放射性廃棄物管理法」が検討されている。ユッカマウンテンが立地するネバダ州のナイ郡は、計画を支持し、復活に向けた取り組みを行なっている。

処分廃棄物は、使用済燃料とガラス固化体併せて7万t(重金属換算)で、処分地の地質は凝灰岩で、処分場の深度は200〜500mとされている。なお、米国の処分方法は、他国と異なり、処分坑道に廃棄物のパッケージを定置し、その周りをベントナイトなどで埋め戻さず水滴よけのドリップシールドで保護する方式である(図8)。

「おわりに」

先行している北欧のフィンランド、スウェーデンは、いずれも原子力発電所サイトで沿岸地域にある。これらの地域はマグマ起源の結晶質岩であるという点は岐阜県の瑞浪超深地層研究施設と同じで、日本にも広く分布する岩種である。フランスやスイスは、粘土層を対象としており、堆積岩系であるという点は北海道の幌延深地層研究施設と同じである。

日本では、2002年に公募が開始され、2007年に徳島県東洋町から応募があったが、2008年の町長選挙を経て応募が取り下げられている。その後、進展が見られなかったことから取り組みに対して抜本的な見直し
がなされ、2015年5月には国が前面に

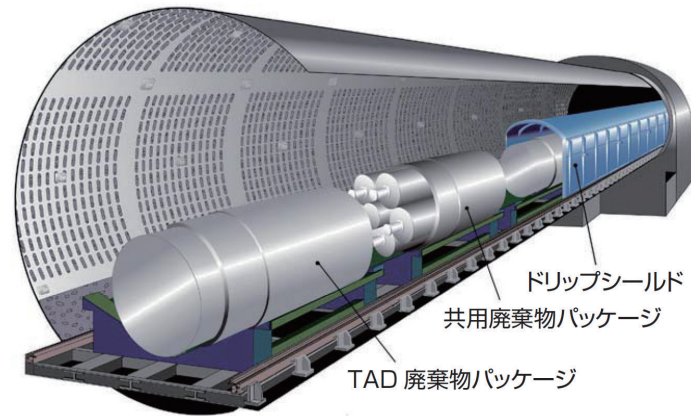


図8 定置坑道と廃棄物パッケージの概念

立って取り組む基本方針が閣議決定されている。2017年7月には科学的特性マップが公表され、火山活動や断層活動の影響の及ばない地域で、沿岸から20kmまでの地域が「好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い地域」とされ、全国への説明会が展開されている。

ドイツや英国においても2017年9月と2018年12月にそれぞれサイト選定が開始されており、かつて原子力発電設備量が世界第3位の日本が停滞している感は否めない（原子力発電設備量は2012年1月末でドイツ5位、英国8位。一般社団法人日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向2011年版」より）。

ようやく先頃、2020年8月13日に北海道の寿都町が最終処分場の選定に対しての第一段階となる「文献調査」への応募を検討していることが明らかになり、そのニュースが日本中を駆け巡った。2017年に科学的特性マップを公表してから初めての応募を検討している町になる。寿都町の人口は、同年3月31日現在2893人で、この10年間で450人近く減少している状況だ。寿都町の片岡春雄町長は、同年8月26日に町議会議員

や地元の漁協などの団体の代表との意見交換会を開いて、近々にも応募するかどうかを決定する予定である。北海道が2000年につくった条例で「特定放射性廃棄物は道内に受け入れ難い」となっているが、現状ではこの条例には強制力はないので、寿都町の判断を期待する。

梶山経産大臣は、処分場の受け入れを検討している町や村が他にも数か所あると述べている。このような小さな町や村が処分に対して応募してくれることには、本当に頭がさがさる。日本国民全体の課題を解決しようとする行為に感謝して、その決断を尊敬したい。

また、我が国の地層処分技術は、この40年間に十分に成熟した技術となっている。このことを、ひろく国民に理解してもらえたい。

寿都町は、北海道電力の原子力発電所のある泊村から南西に54kmの所にあり、泊村と一体となつて、日本の原子力エネルギーのサイクル事業に寄与することを祈る。