

主要国の処分計画の現状

- 処分場の概念に関する最新動向 -

戦略調査セミナー

平成19年1月30日

石川 博久
(地層処分研究開発部門)

カナダ、フランス、米国、スイス、スウェーデン、フィンランド、英国

- 各国の処分計画の経緯と今後の予定
- 各国の処分概念
- トピックス

カナダ - 経緯と今後の予定 -

【これまでの経緯】

- 1978: 「核燃料廃棄物管理プログラムに関する1978年の連邦政府とオンタリオ州政府との共同声明」に基づき、AECLが地層処分の研究開発を実施することを決定
- 1989: AECLのカナダ楕状地における処分概念をレビューする機関として、核燃料廃棄物管理・処分概念の評価パネル(環境評価パネル: Seabornパネル)を設置
- 1994: AECLが地層処分に関する環境影響評価書を公表
- 1998: Seabornパネルは、AECLの地層処分概念は、技術的側面からの安全性は適切に実証されているが、社会的側面からは幅広い公衆の支持を得るまでには実証されていないと結論し、核燃料廃棄物管理機関の設立等を提言
- 2002: 核燃料廃棄物法施行 & 核燃料廃棄物管理機関(NWMO、実施主体)設立。少なくとも3つの管理アプローチ(地層処分、原子炉サイト内貯蔵、集中貯蔵)について、技術的、倫理的、社会的及び経済的側面などから総合的な検討を開始
- 2005: 核燃料廃棄物法に基づき、NWMOが最終報告書「進むべき道の選択」を連邦天然資源大臣に提出し、使用済燃料の長期管理アプローチとして「**適応性のある段階的管理(Adaptive Phased Management)**」(最終的には地層処分を行うが、当面60年間はサイト内貯蔵、集中貯蔵を行う)を勧告

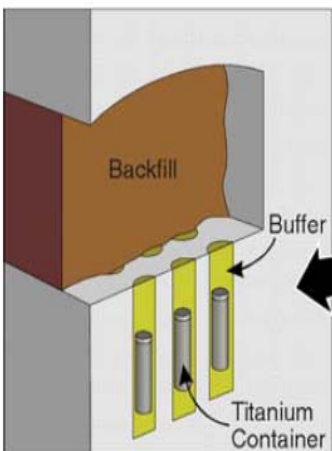
【今後の予定】

2006～：連邦天然資源大臣は、最終報告書が核燃料廃棄物法にある要件を満たしていると判断した場合、総督に対し使用済燃料の長期管理アプローチの勧告を行う。総督は、大臣の勧告に基づき、NWMOの研究によって示された複数の長期管理アプローチから1つを選択(最終決定)し、連邦官報で公表する。

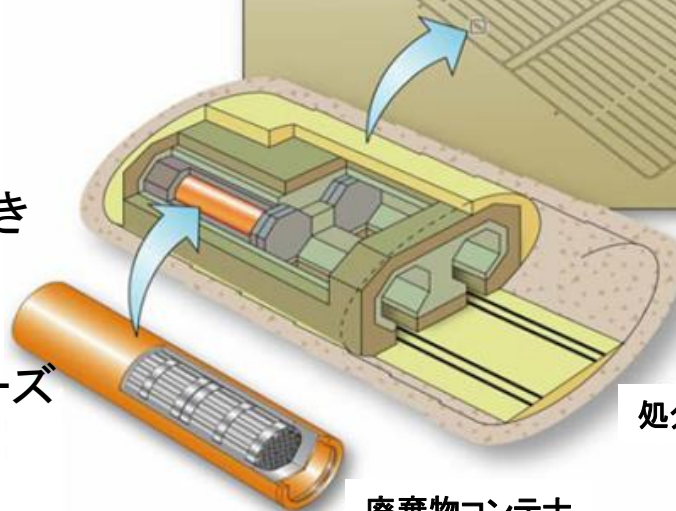
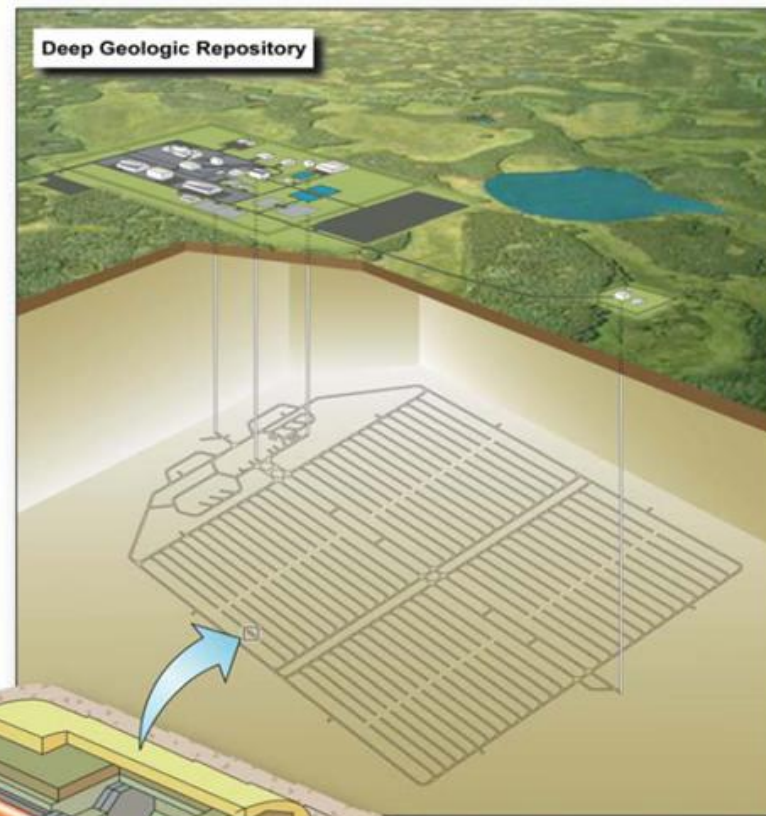
カナダ - 処分概念 -

- 地下約500-1000mの結晶質岩もしくは堆積岩中に**使用済燃料**を処分
- 使用済燃料、廃棄物コンテナ、緩衝材、埋め戻し材、コンクリートおよび地層からなる多重バリアシステム
- 廃棄物コンテナには324本の集合体を収納
- 処分孔縦置き方式、処分坑道横置き方式、水平処分孔横置き方式のいずれかを選択

【AECL (1994) の処分概念 (相違点)】



- 岩盤は結晶質岩
- 定置方法は処分坑縦置き
- 集合体収納本数は72本
- コンテナの材質はチタン
- 強度支持材はガラスビーズ

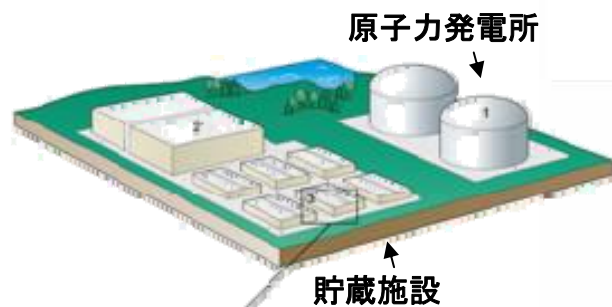


処分坑道横置き方式

廃棄物コンテナ

(外側銅製、内側炭素鋼製の2重構造)

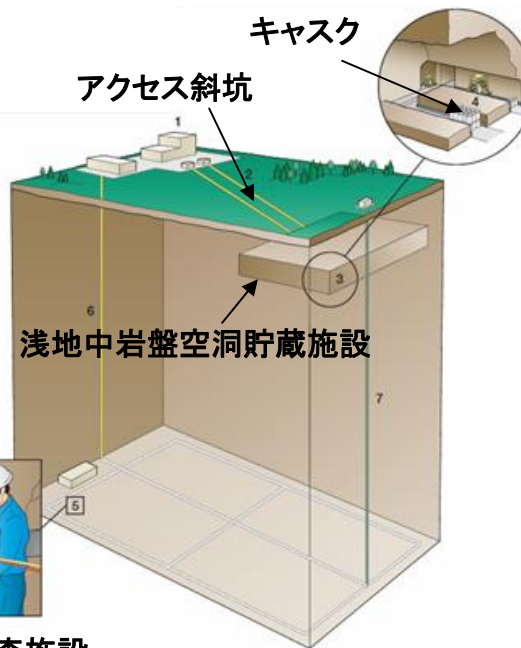
第1段階



キャスク

発電所サイトにおける貯蔵
集中貯蔵管理の準備
(初期の約30年間)

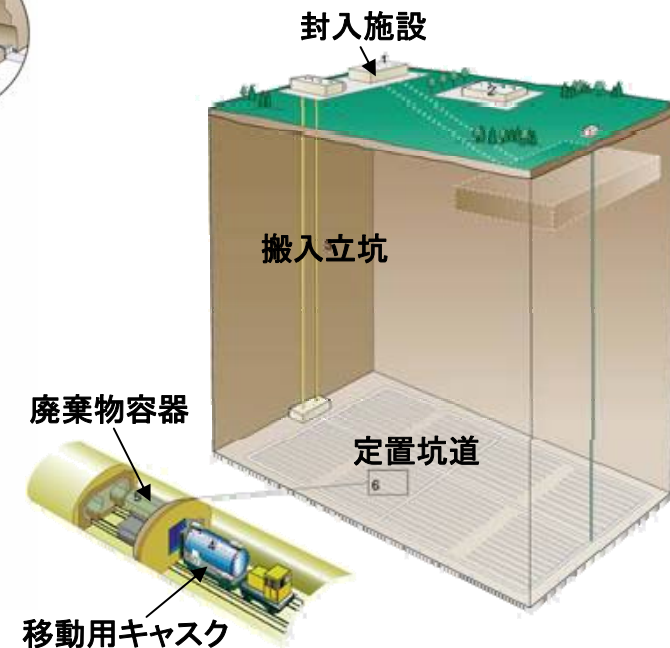
第2段階



地下特性調査施設

集中貯蔵管理
処分技術の実証
(次の約30年間)

第3段階



地層処分: 長期封じ込め、隔離
及びモニタリング(240年間)
(約60年後以降)

適応性のある段階的管理は、技術的手法と管理システムの両方からなる。このアプローチの主要な特質は以下のとおりである。

- 適切な地質構造への使用済燃料の最終的な集中閉じ込め及び隔離
- 段階的で適応性のある意思決定
- 処分場への定置前の集中サイトにおける選択肢としての浅層貯蔵
- 継続的なモニタリング
- 回収可能性の確保
- 市民の関与

フランス - 経緯と今後の予定 -

【これまでの経緯】

- 1987: ゴーゲル委員会がサイト選定基準を勧告。これに基づき放射性廃棄物管理機関(ANDRA)が粘土層、岩塩層、花崗岩、片岩層が分布する地域での地質調査を開始したが、地元への事前通知・協議が行われず、地域住民からの激しい反対運動に遭い、調査が遅延。
- 1990: ロカル首相(当時)が、廃棄物管理戦略全体に対する再評価を行うため、議会科学技術評価局(OPECST)に検討を要請。
- 1991: OPECSTの調査・提案を経て、3つの管理研究(分離・変換、可逆又は不可逆な地層処分、コンディショニング/長期貯蔵)を同時並行して進めることを規定した「放射性廃棄物管理研究法」が成立。ANDRAと原子力庁(CEA)が、3通りの管理研究を開始。
- 1998: 国家評価委員会(CNE)は回収可能性に関する報告書を公表し、処分場の設計において、回収可能性を考慮すべきと評価。
- 2000: ビュール地下研究所の建設開始
- 2005: ANDRAとCEAが放射性廃棄物管理研究の成果報告書を提出
- 2006: CNEが総括評価報告書を公表
- 放射性廃棄物管理研究の総括評価の後、放射性廃棄物等管理計画法を制定

フランス - 経緯と今後の予定 -

【今後の予定】

＜地層処分＞

～2015: 処分場設計を目的にしたサイトでの研究及び調査

2015: 可逆性のある地層処分場の設置許可申請

2025: 処分場の操業開始

＜分離・変換＞

2012: 新世代炉及び加速器駆動炉の産業面での展望を評価

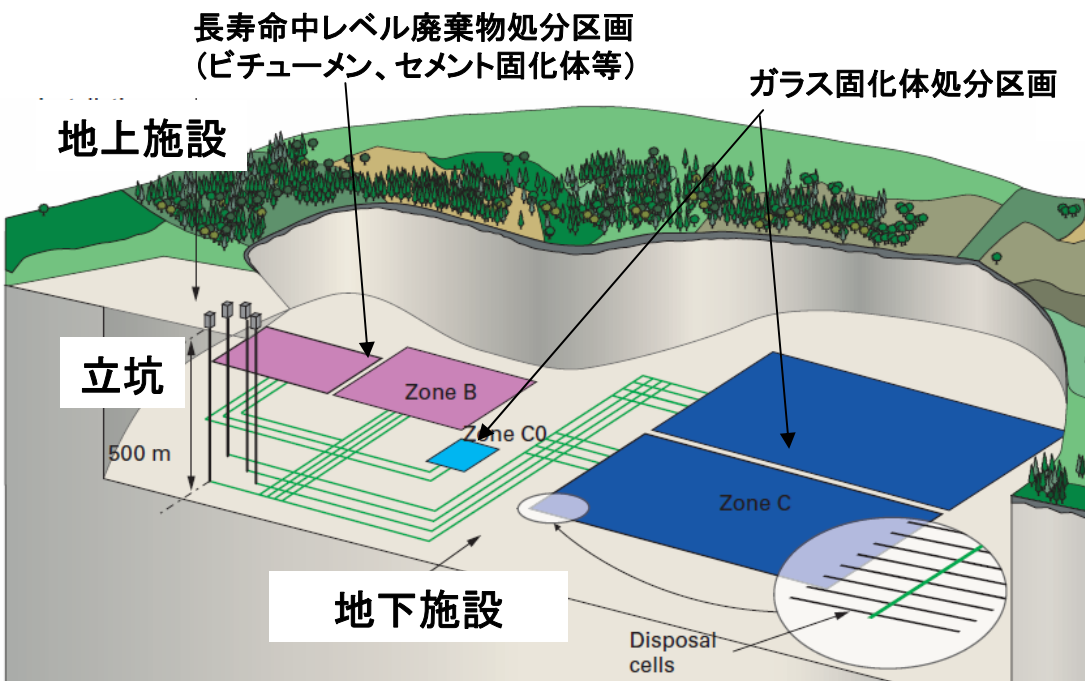
2020: プロトタイプ施設の運転開始

＜中間貯蔵＞

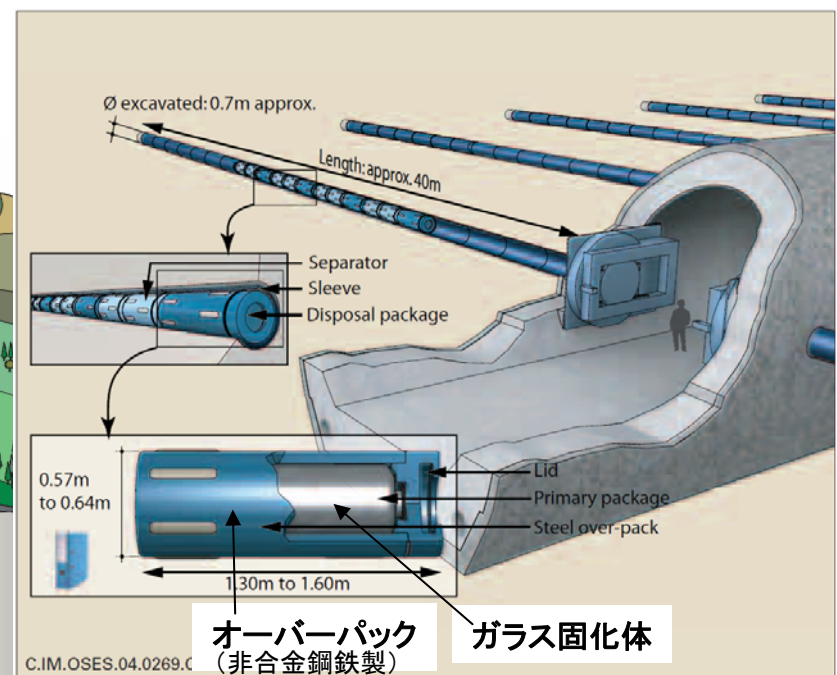
2015: 中間貯蔵施設の新設もしくは既存施設の拡張

フランス - 処分概念 -

- 地下約400-600m(処分深度は未定)に分布する泥質岩中に**ガラス固化体**(**使用済燃料**も含まれる可能性有)を処分長寿命中レベル廃棄物を併置処分
- 処分量: 6,300m³(全て再処理した場合)
- ガラス固化体、オーバーパック及び地層からなる多重バリアシステム(使用済燃料を処分する場合は緩衝材使用)
- 処分坑道横置き方式



処分場概念図



ガラス固化体処分坑道(例)

フランス-CNE総括評価報告書-

2006年1月に、放射性廃棄物管理研究法に基づき、国家評価委員会(CNE)が高レベル及び長寿命中レベル放射性廃棄物の管理研究に関する総括評価報告書を議会に提出した。報告書のポイントは以下の通り。

【結論】

- 地下水の通り道となる断層のない、きわめて規則的で均質な粘土質岩層における可逆性のある地層処分は、基本方策として採用できる。しかし、処分場建設の最終決定のための要件はまだ整備されておらず、立地に好ましいとされる地質特性について、サイト内地域の対象を広げて検証されなければならない。
- 長期貯蔵は、貯蔵期間が問題となる。長期間(例えば300年)にわたる場合には、建設すべき貯蔵施設の耐久性を考慮する必要がある、将来世代に放射性廃棄物管理という重い負担を負わせることになる。
- 分離・核変換は、中長期的な便益(高レベル及び長寿命中レベル放射性廃棄物のインベントリと発熱量の低減)と短期的なリスク(高レベル放射性廃棄物等の処理の複雑性等)とのバランスを考える必要がある、少なくとも百年以上の期間にわたって原子力を利用する場合にしか意味を持たない長いプロセスである。

【研究分野間の連携に関する考察】

●分離・核変換と地層処分

- 分離・核変換は、地層中の高レベル・長寿命放射性廃棄物の存在による実際のリスクの低減化よりもむしろ環境憲章の予防の原則に対応するものである。
- 廃棄物中には、核変換不能な核分裂生成物や放射化生成物が含まれており、地層処分が必要となる。
- アクチニドの量の低減化は熱負荷を軽減し、処分面積の縮小や概念の単純化という利点はある。

●コンディショニング/長期貯蔵と地層処分

- 廃棄物の発熱の問題を考慮すると、地層処分前の貯蔵期間の最適化の点で分野間の連携が必要となる。
- 将来、ヨウ素の海洋放出が継続できなくなった場合、ヨウ素のコンディショニングとその閉じ込め方法を検討する必要がある。

フランス-放射性廃棄物等管理計画法-



2006年6月28日に、高レベル・長寿命放射性廃棄物を含む放射性廃棄物全般の管理に関する「**放射性物質及び放射性廃棄物の持続可能な管理計画法**」(放射性廃棄物等管理計画法)が公布された。主な規定は以下の通り。

- 長寿命放射性核種の分離・変換については、新世代の原子炉及び放射性廃棄物の核変換を専用に行う加速器駆動炉に関する研究及び調査との関連において研究・調査を実施(第3条)
- 可逆性のある地層処分場については、**2015年に処分場の設置許可申請、2025年に操業開始**ができるよう研究・調査を実施(第3条)
- 中間貯蔵については、**中間貯蔵施設を2015年までに設置**できるよう研究・調査を実施(第3条)
- 処分場の設置許可申請は、**地下研究所による研究の対象となった地層に関するものに限定**(第3条)
- 可逆性についての条件を定める法律の制定後にデクレによって処分場設置許可を発給(第12条)
- 処分場の閉鎖許可発給は法律の制定によるものとし、設置許可において**100年以上の可逆性を確保**する期間を設定(第12条)

米国 - 経緯と今後の予定 -

【これまでの経緯】

1982: 放射性廃棄物政策法を制定し、サイト選定開始

1987: 放射性廃棄物政策修正法により、サイト特性調査の対象としてユッカマウンテンを指定

2002: ユッカマウンテンを処分地として決定

2004: EPA環境放射線防護基準の一部に無効判決

2006: DOEがグローバル原子力パートナーシップ(GNEP)公表
DOEが処分場プロジェクトの新スケジュール公表

【今後の予定】

2007: GNEPにおいて廃棄物処分の最適化に向けた検討を開始
改訂EPA環境放射線防護基準公表

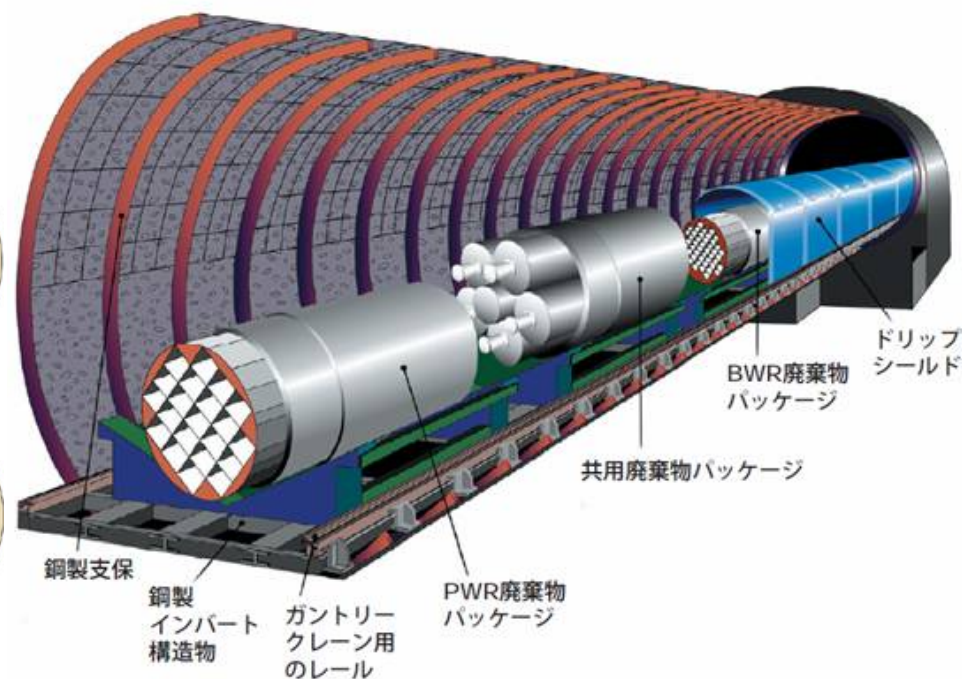
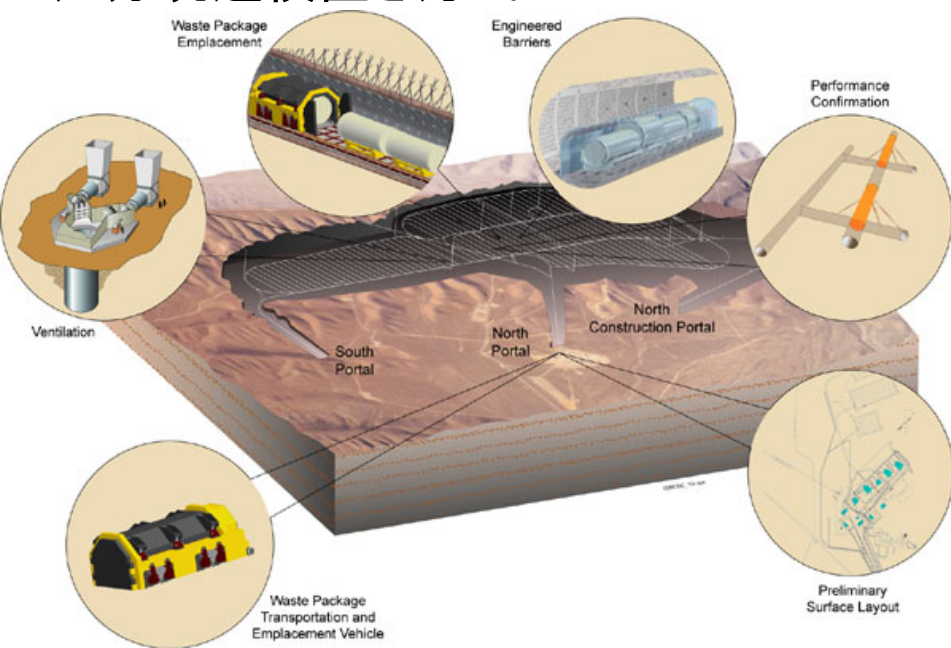
2008: DOEがNRCへ処分場建設認可の申請書提出

2011: 建設認可

2017: 廃棄物受入れ開始

米国 - 処分概念 -

- 地下約200-500mの凝灰岩中に**使用済燃料**と**ガラス固化体**を処分
- 処分量: 使用済燃料 65,333トン ガラス固化体 4,667トン(重金属換算)
- ユッカマウンテンは砂漠地帯であり、処分場は地下水面より約300m上方に建設
- 使用済燃料/ガラス固化体、廃棄物パッケージ、ドリップシールド及び地層からなる多重バリアシステム(緩衝材、埋め戻し材なし)
- 温度は100°C以上及び100°C未満の2ケースを考慮
- 処分坑道横置き方式

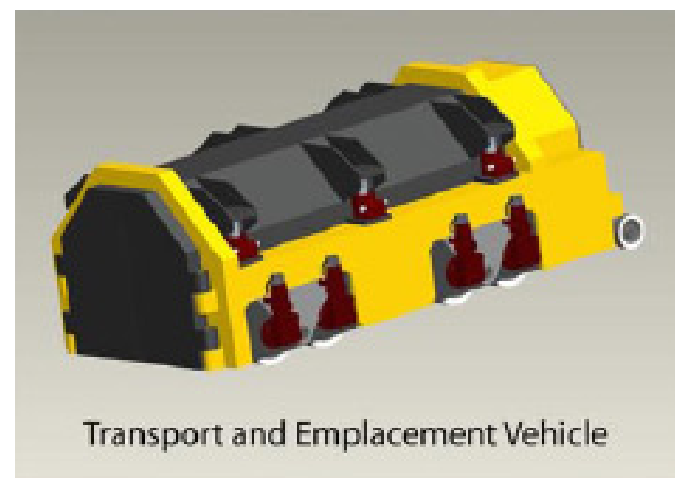
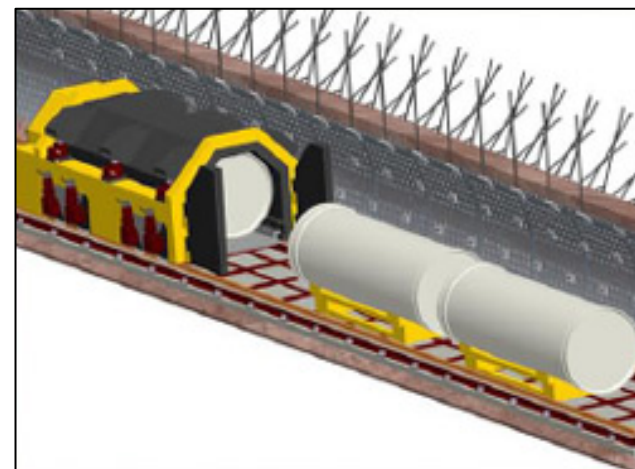
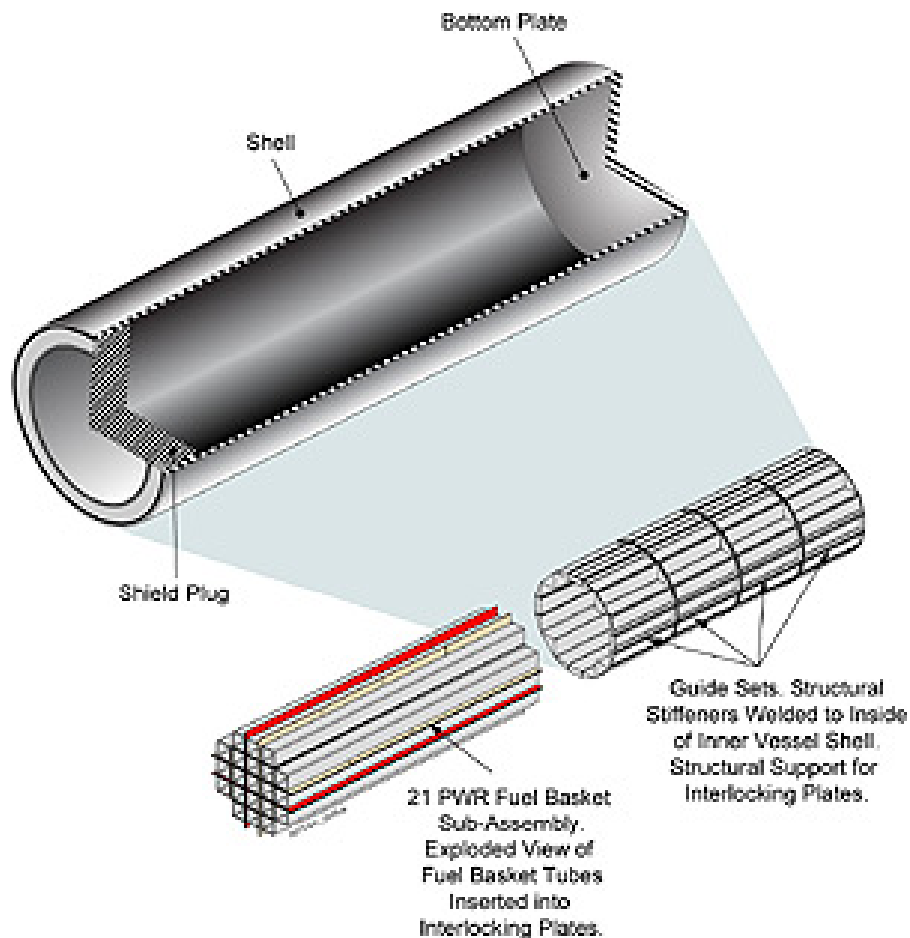


ユッカマウンテンにおける処分場概念図

廃棄物パッケージの定置イメージ

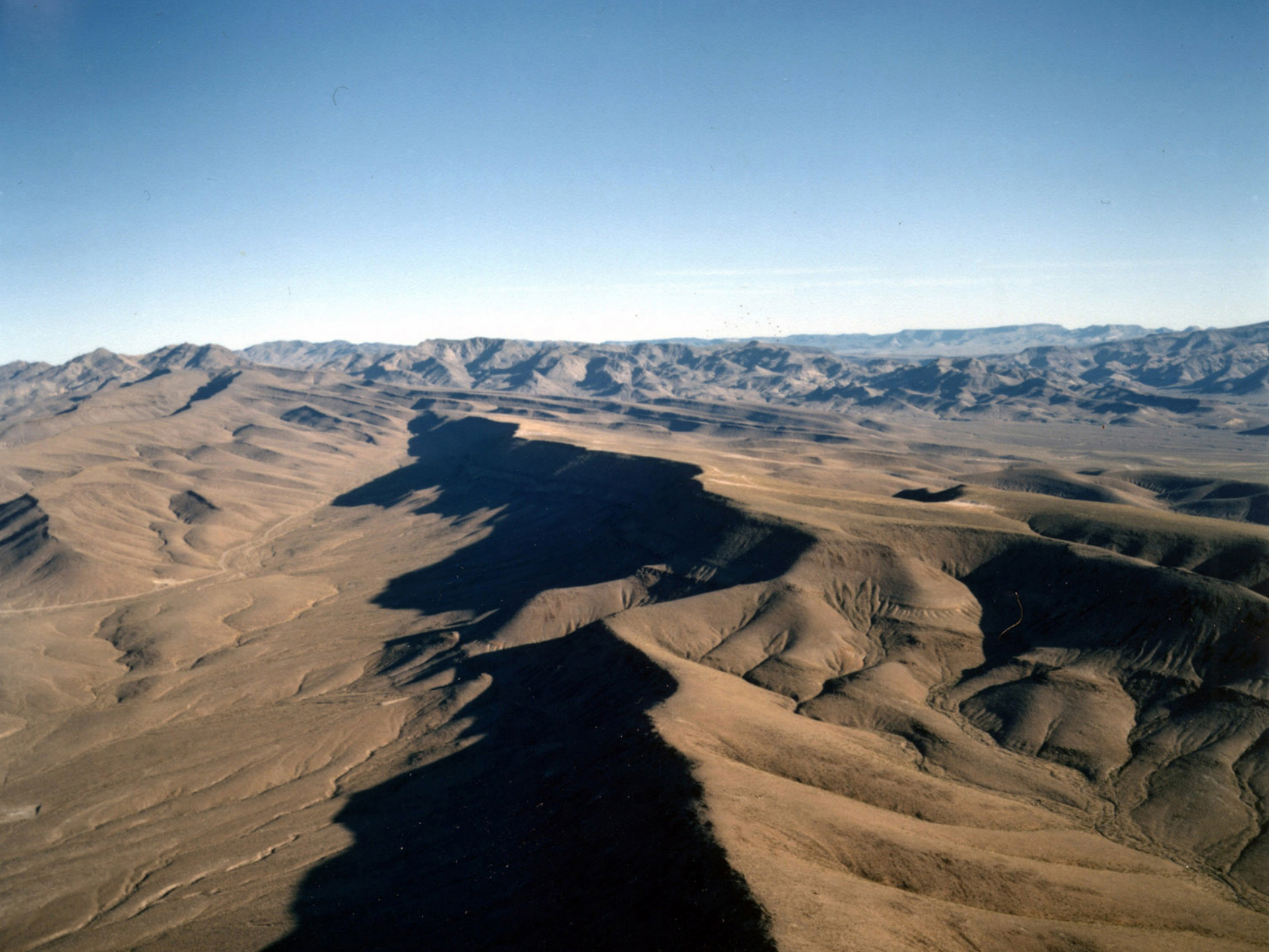
パッケージ: 外側ニッケル合金製、内側ステンレス鋼製の2重構造
 ドリップシールド: チタン製

米国 - 処分概念 -



輸送・貯蔵・処分(TAD)キャニスタ

廃棄物パッケージの輸送・定置車両





将来ユッカマウンテン処分場の一部となる探査研究施設(ESF)においてサイト特性調査(処分場としての適正を評価するための調査)が実施されている。ESFの深度は約300mで、坑道の長さは約8kmである。

米国-EPA環境放射線防護基準の見直し

【環境放射線防護基準に関する判決】

- 2004年7月9日、ワシントンD.C.の連邦控訴裁判所は、環境保護庁(EPA)の基準は処分場の保持期間が1万年しかなく、「保持期間は高レベル廃棄物の線量がピークとなる期間(処分場閉鎖から約100万年)をカバーしていなくてはならない」とした全米科学アカデミー(NAS)の報告書「ユッカマウンテン処分場の認可基準の技術基盤」(1995)の知見と勧告を反映していないため無効であるとの裁定を下した。

【無効判決に対応した基準の見直し】

- 当初の1万年間
 - 従来の年間15ミリレム(150マイクロシーベルト)の個人防護基準を維持
 - ユッカマウンテン近隣の住民が、現在米国で唯一操業中の地層処分施設であるニューメキシコ州の廃棄物隔離パイロットプラント(WIPP)近隣の住民と同程度に防護されること
- 1万年後から100万年後までの期間
 - 年間350ミリレム(3.5ミリシーベルト)の基準を追加
 - ユッカマウンテン近隣の住民が生涯に受ける放射線量が、米国の他地域の人々が受ける自然放射線量を超えないように処分場からの放射線を制限

スイス - 経緯と今後の予定 -

【これまでの経緯】

1978: Nagra 放射性廃棄物管理に関する実施計画を作成、処分の実現可能性実証のための「保証プロジェクト(Project Gewähr)」に着手

1985: 「保証プロジェクト1985」報告書を連邦評議会に提出

1988年 連邦評議会、「保証プロジェクト1985」について、安全性は実証されたが、サイトが存在することは実証されていないと結論。堆積岩への拡張を要請。

1994: 「Kristallin-1安全評価報告書」(結晶質岩対象)を公表

2000年 政府が設置した放射性廃棄物処分概念専門家グループ(EKRA)が、**監視付き処分概念**を勧告。また、EKRA概念に基づく放射性廃棄物の深地層処分等を規定した新原子力法案がスイス連邦議会に上程

2002: 「処分の実現可能性実証プロジェクト」最終報告書(堆積岩対象)を連邦評議会に提出

2004: 連邦評議会、サイト選定手続き及び適用されるべき判断基準等を定めた、「地層処分場に関する特別計画」を策定することを決定

2005: 新原子力法および新原子力令(特別計画策定に関する規定含む)が施行

2006: 連邦評議会、堆積岩を対象とした「処分の実現可能性実証プロジェクト」に対する国内外のレビューを経て、同プロジェクトの結果を承認。

スイス - 経緯と今後の予定 -

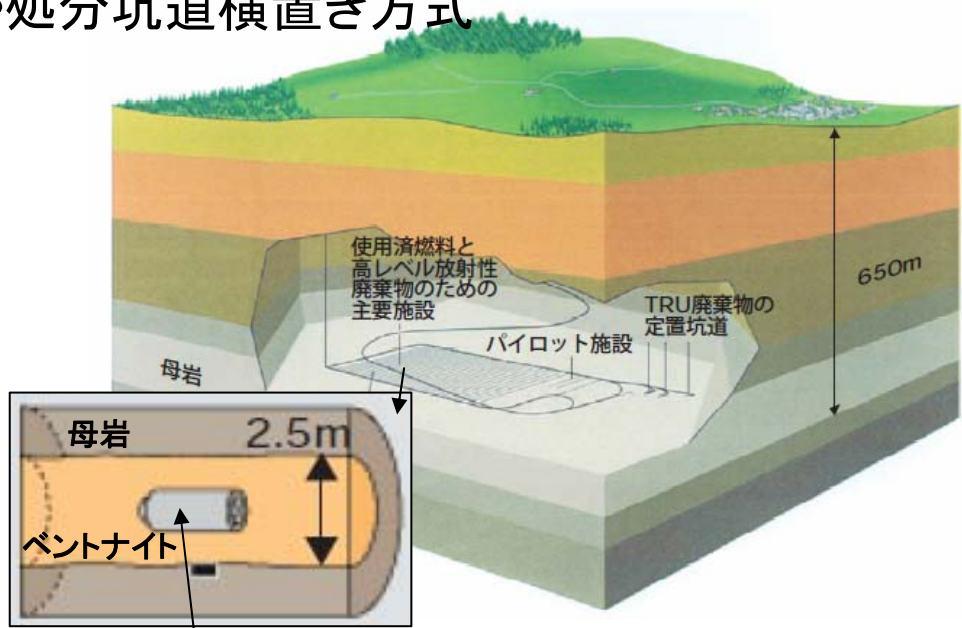
- 2007：連邦評議会「**地層処分場に関する特別計画**」の方針を承認。Nagra、「放射性廃棄物管理プログラム」を連邦評議会へ提出し、サイト選定開始
- 2007-10：サイト選定及び利害関係者（影響を受ける州、周辺国等）関与プロセス
- 2010-20：概要承認（※）の取得
- 2020頃：サイトにおける岩盤研究所の建設、調査。処分場建設許可の取得
- 2040頃：高レベル放射性廃棄物処分場の操業開始

※概要承認

スイスでは、原子力施設を建設および運転しようとするものは、概要承認と呼ばれる連邦評議会からの許可を得ることが求められている。この概要承認とは、立地場所、施設の目的およびプロジェクトの基本事項などを定める、建設許可申請前に取得が必要な連邦評議会の許可のことである。原子力施設に関する概要承認の取得義務に関しては、原子力法第12条に規定されている。

スイス - 処分概念 -

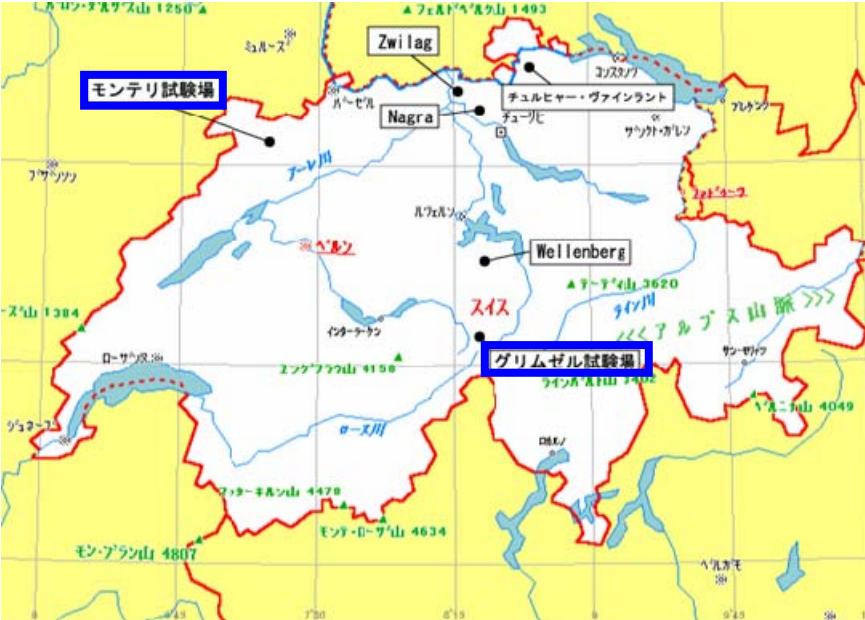
- 地下約650mの粘土層もしくは約1,000mの結晶質岩に**ガラス固化体**と**使用済燃料**を処分(国際共同処分もオプション)
- 処分量: 使用済燃料 3,217トン ガラス固化体 292トン (ウラン換算)
- 長寿命中低レベル廃棄物を併置処分
- ガラス固化体/使用済燃料、オーバーパック/キャニスタ、緩衝材及び地層からなる多重バリアシステム
- 処分坑道横置き方式



オーバーパック(ガラス固化体)
キャニスタ(使用済燃料)

オパリナス粘土層内での処分場概念図

廃棄物の処分形態



スイスには、難透水性の堆積岩であるオパリナス粘土層 (Opalinus Clay) を対象としたモンテリー岩盤研究所と、花崗岩を対象としたグリムゼル岩盤研究所がある。それぞれにおいて地層処分に関連するさまざまな特性や現象を把握するための国際共同研究が実施されている。

グリムゼル岩盤研究所

「地層処分の実現性」を国が承認

- 2006年6月28日、スイス連邦評議会は国内外専門家の評価を踏まえ「**地層処分の実現可能性実証プロジェクト(Entsorgungsnachweis)**」報告書を承認し、スイスにおける高レベル廃棄物、使用済燃料および長寿命中レベル廃棄物地層処分の実現可能性を国が原則的に認めたことを公表した。この決定によりスイスの放射性廃棄物管理計画は重要な経過目標のひとつを達成した。
- 今後は、連邦政府が策定する「**地層処分場に関する特別計画(Sachplan Geologische Tiefenlage)**」において、処分場建設予定地の選定の手順と基準が明らかにされ、選定作業が開始される。Nagra(放射性廃棄物管理共同組合)は連邦エネルギー庁の指揮のもと、選定作業の技術的基盤を整備している。

(Nagraプレス発表2006/06/28)

※今回の政府決定は、原子力法に基づき、スイス国内(最低1箇所)で処分の実現が可能であることを認めたものであり、現時点で岩種やサイトを決定したものではない。岩種やサイトは、今後、上記の特別計画に定められる手続きに基づき選定されることとなる。

スウェーデン - 経緯と今後の予定 -



【これまでの経緯】

1972: スウェーデン核燃料廃棄物管理会社 (SKB) 設立

1977: 放射性廃棄物の最終処分を義務付けた原子力規定法 (1984年に原子力活動法に統合) 制定。SKBが地層処分の実現性に関する評価書 (KBS-1) 公表。

1983: SKBがKBS-3を公表

1977～83: SKBが国内の11ヶ所において潜在的サイト調査を実施。その内の7ヶ所で詳細調査を実施したが、地元の反対で中止。

1992: SKBがRD&Dプログラム92を公表し、回収可能性を維持した**実証処分 (初期操業) 段階**の導入を提示

1993～2000年、SKBは、6ヶ所のフェージビリティ・スタディを実施

2000: 3自治体でサイト調査の実施を決定、政府も承認

2002: 自治体の承認が得られたエストハンマルとオスカーシャムにおいてサイト調査を開始

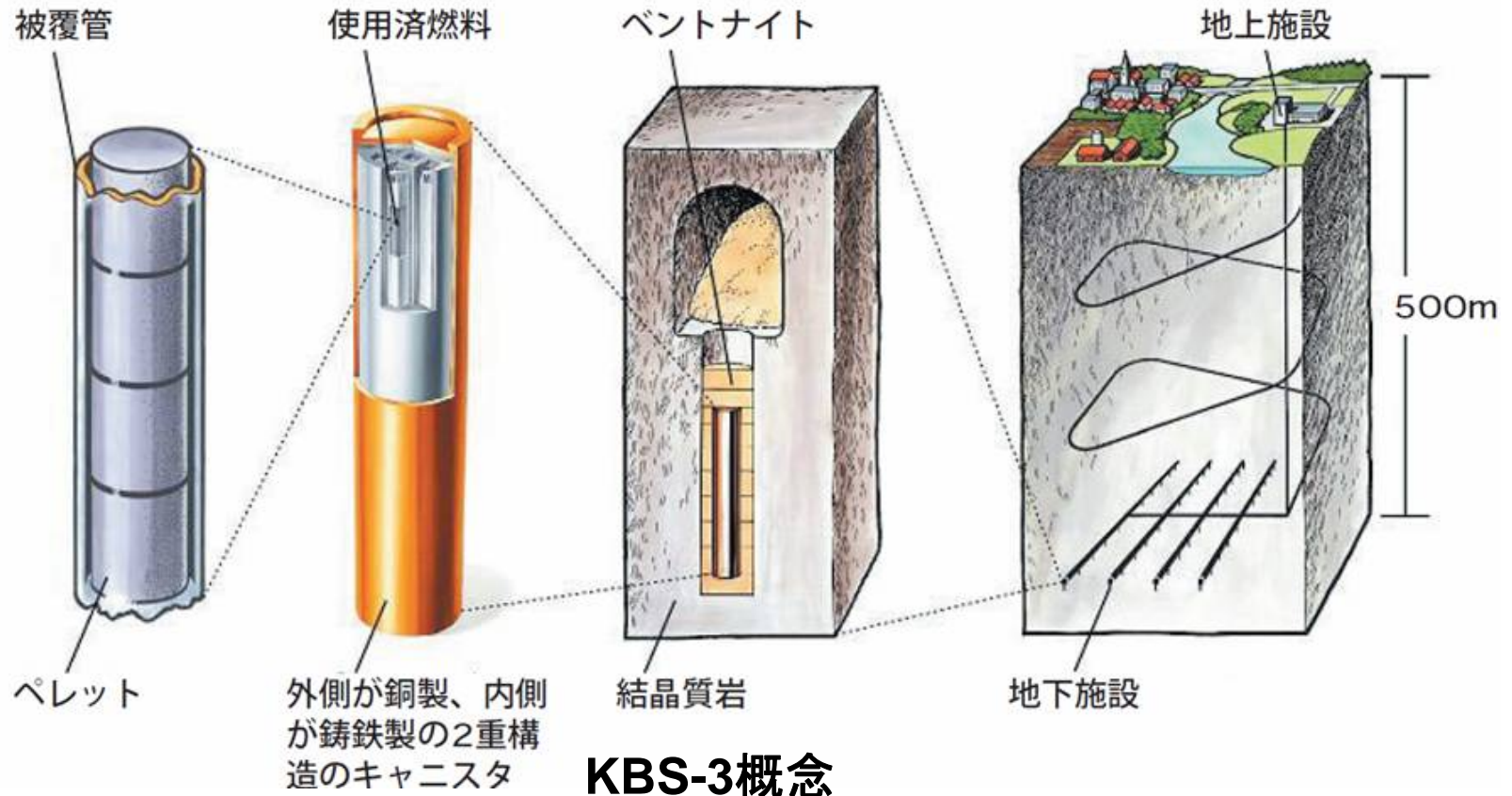
2006: 「キャニスタ封入施設」の建設許可を申請

【今後の予定】

- ～2007: サイト調査／環境影響評価を実施して候補地点を1カ所に絞り込む。
- 2009: 処分場立地・詳細特性調査・建設の許可を申請
- 2012: 処分施設建設開始
- 2018: キャニスタ封入施設の操業及び処分施設の初期操業(実証処分)開始
- 2023頃: 本格操業開始

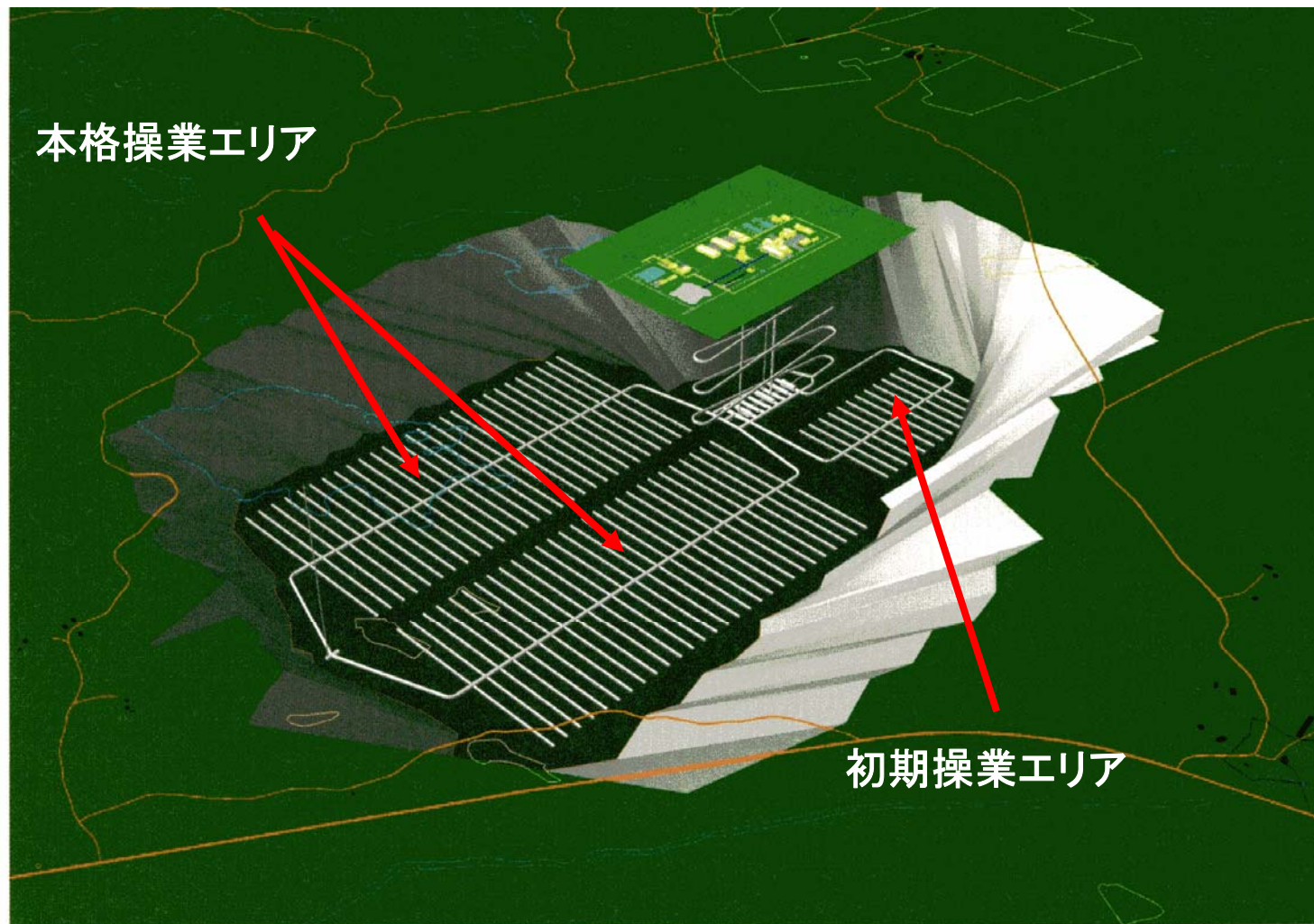
スウェーデン - 処分概念 -

- 地下約500mの結晶質岩中に**使用済燃料**を処分
- 処分量: 9,300トン(ウラン換算)
- 使用済燃料、キャニスタ、緩衝材、埋め戻し材および地層からなる多重バリアシステム(KBS-3概念)
- 処分孔縦置き方式(横置き方式も検討中)



スウェーデン - 実証処分 -

- 本格操業の前に、200～400体のキャニスターを回収可能な状態で処分し、一定期間経過後に処分システムの性能を評価



【これまでの経緯】

1983: サイト選定を開始

1986～00: 概略及び詳細サイト特性調査を実施

2000: 閣議による原則決定、2001年の議会承認を経て、オルキルオトを最終処分地に選定

2004: オルキルオトにおいて地下特性調査施設(ONKALO)の建設を開始

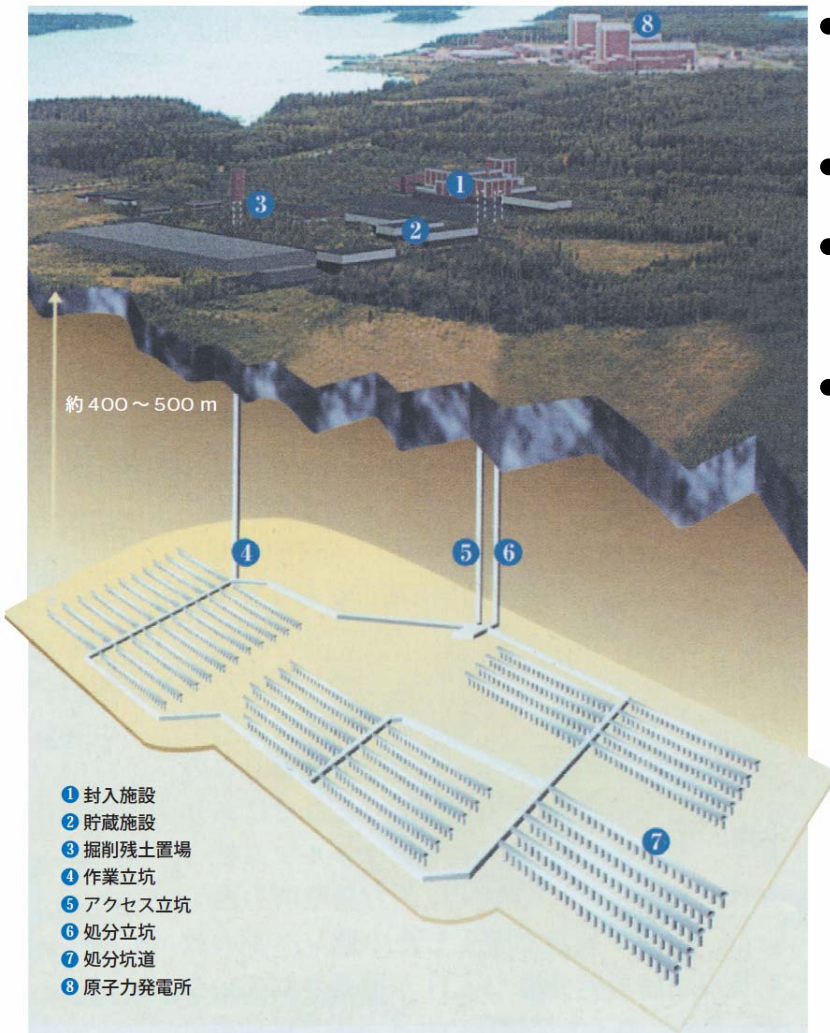
【今後の予定】

～2012: 地下特性調査施設を含めた詳細調査を行い、処分施設の建設許可を申請

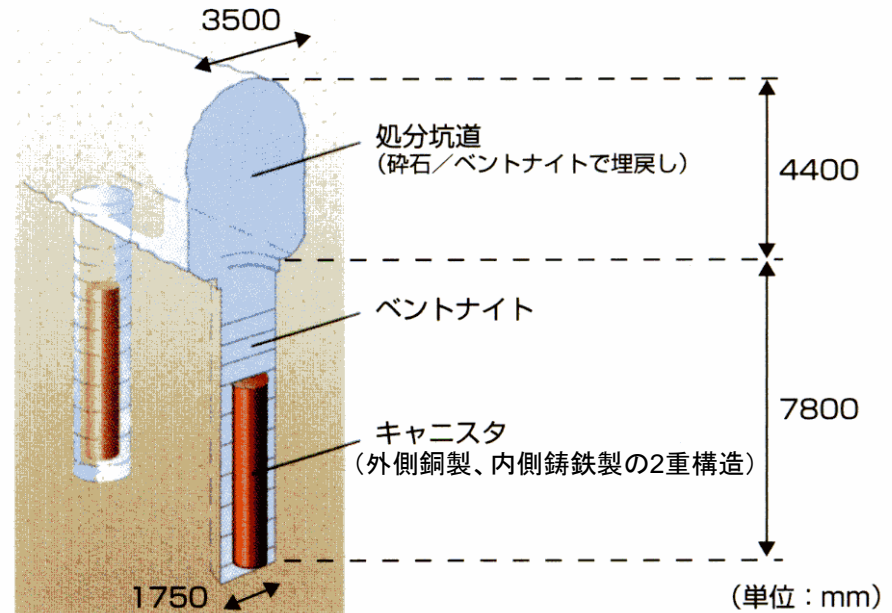
2015～建設開始

2020～操業許可手続きを経て、処分施設の操業を開始

フィンランド - 処分概念 -



- 地下約400-500mの結晶質岩中に**使用済燃料**を処分
- 処分量: 6,500トン(ウラン換算)
- 使用済燃料、キャニスタ、緩衝材、埋め戻し材および地層からなる多重バリアシステム
- 処分孔縦置き方式(横置き方式も検討中)

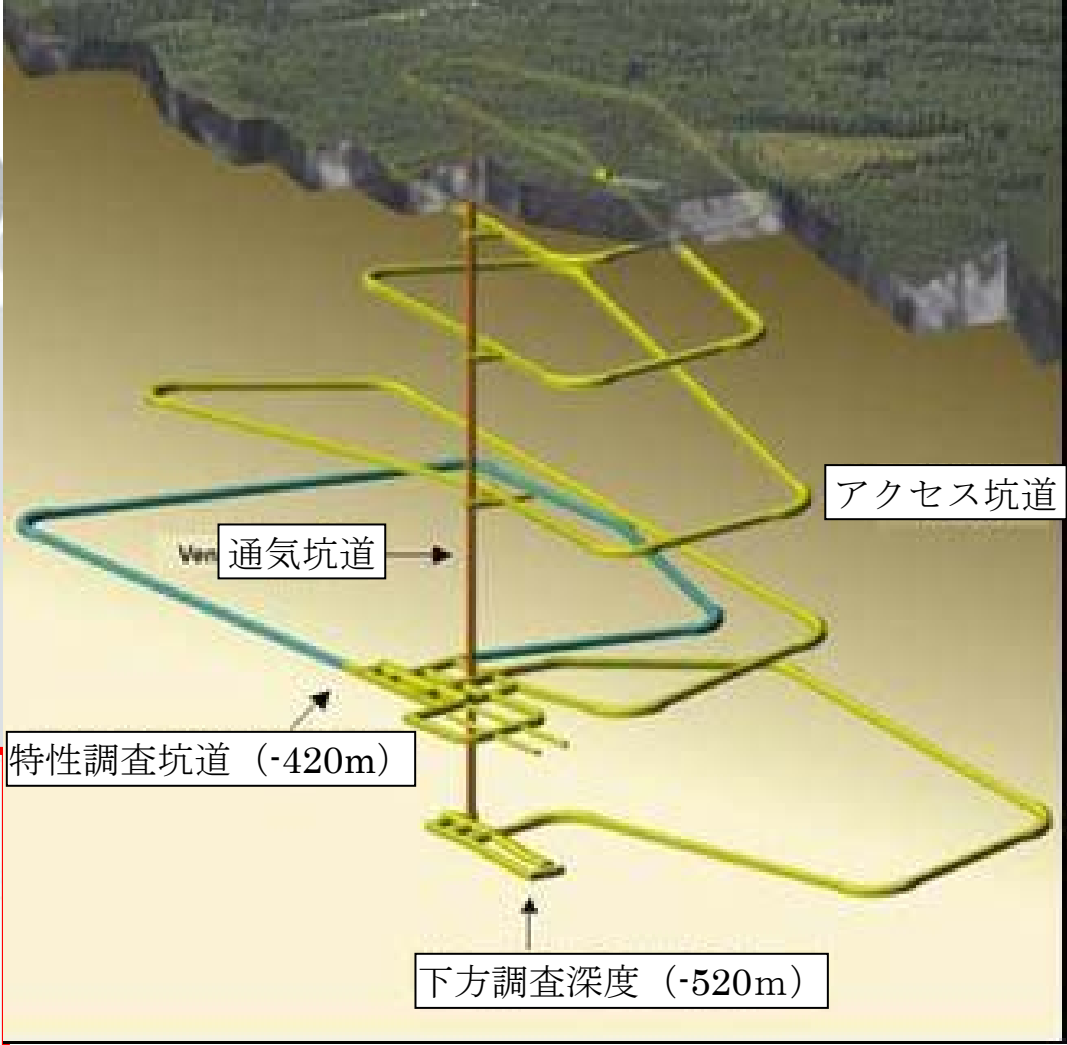


オルキルト処分場設置イメージ

キャニスタ定置イメージ



処分場予定地の位置図
(ボシヴァ社ウェブサイトより引用)



地下特性調査施設(ONKALO)は、最終処分地に決定したオルキルトの詳細なサイト特性調査のために、POSIVA社が2004年6月から建設を進めている施設であり、建設作業と並行して必要な研究開発や設計研究を実施されている。将来的には処分施設の一部として利用されることが予定されている。

英国 - 規模と経緯・予定 -

【規模】

- 面積：未定
- 処分坑道延長距離：未定
- 処分量：未定

【経緯・予定】

2001：環境・食糧・農村地域省(DEFRA)が協議文書を発表し、5つの協議段階(2002年に4段階に短縮)からなる放射性廃棄物管理プログラムを開始

2003：放射性廃棄物管理委員会(CoRWM)が設置され、管理方針の検討を開始

2006：CoRWMが放射性廃棄物管理オプションを政府へ勧告。DEFRAは基本的に勧告を受け入れることを公表し、管理方針として地層処分を採用することを決定。

2006-：管理方針の詳細に関する公開討論の実施

2007：放射性廃棄物管理について、必要な法令の整備を含めた実行プロセスの開始

高レベル放射性廃棄物(HLW)処分に関する各国の比較



国	実施主体	処分廃棄物 (処分量)	処分サイト (候補岩種)	処分施設深度、規模	地下研究所 地下特性調査施設
米国	DOE/OCRWM	ガラス固化体 使用済燃料 (70,000tHM)	ユッカマウンテン (凝灰岩)	深度: 200m~500m 面積: 4.65km ² 処分坑道延長距離: 56km	ユッカマウンテン探査研究施設
フランス	Andra	ガラス固化体 (6,300m ³)	ビュール (泥質岩)	深度: 500m 面積: 5km ² (貯蔵期間60,70年)	ビュール地下研究所
スウェーデン	SKB	使用済燃料 (9,300tU)	オスカーシャム エストハンマル (結晶質岩)	深度: 400~700m 面積: 1~2km ² 処分坑道延長距離: 45km	エスポ岩盤研究所
フィンランド	Posiva社	使用済燃料 (6,500tU)	オルキルト (結晶質岩)	深度: 420m(1層の場合)、 420m&520m(2層の場合) 面積: 約1.5km ² 処分坑道延長距離: 40km	地下特性調査施設(ONKALO)
スイス	Nagra	ガラス固化体 (292t) 使用済燃料 (3,217tU)	サイトは未定 (花崗岩、粘土層)	深度: 1,000m程度(花崗岩) 650m程度(オハリナス粘土) 面積: 未定	グリムゼル岩盤研究所 モン・テリ岩盤研究所
カナダ	NWMO	使用済燃料	サイトは未定 (結晶質岩、堆積岩)	深度: 500~1000m 面積: 約1.8km ²	地下研究所(閉鎖)
英国	未定	ガラス固化体	未定	深度: 未定 面積: 未定	なし
日本	NUMO	ガラス固化体 (4万本以上)	サイト公募中 (未定)	深度: 300m以上 面積: 未定 処分坑道延長距離: 未定	瑞浪超深地層研究所 幌延深地層研究所