

多機能容器を用いた使用済燃料等の大規模空洞貯蔵処分(CARE)概念

(株)大林組 河村 秀紀 MCM Ian. G. McKinley

1. CARE (CAvern REtrievable) 概念

- 処分に至るまでに監視付貯蔵の期間を地下で確保する。
- 深地層処分の安全概念と長期貯蔵の柔軟性を組み合わせている。
- 輸送・貯蔵・処分を兼用する多機能容器 (Super Cask) を用いて様々な長寿命放射性廃棄物 (ガラス固化体、使用済燃料など) を格納する。
- マッシブな容器を導入することで、事業期間中、閉鎖後にロバストなセーフティケースを提供する。
- 貯蔵期間を設けることで、現世代および将来世代の意思決定 (事業の変更、廃棄体の回収など) に柔軟に対応できる。
- 地下施設の面積を削減することで、母岩の規模や避けるべき対象に対し、柔軟に処分場を配置することができる。

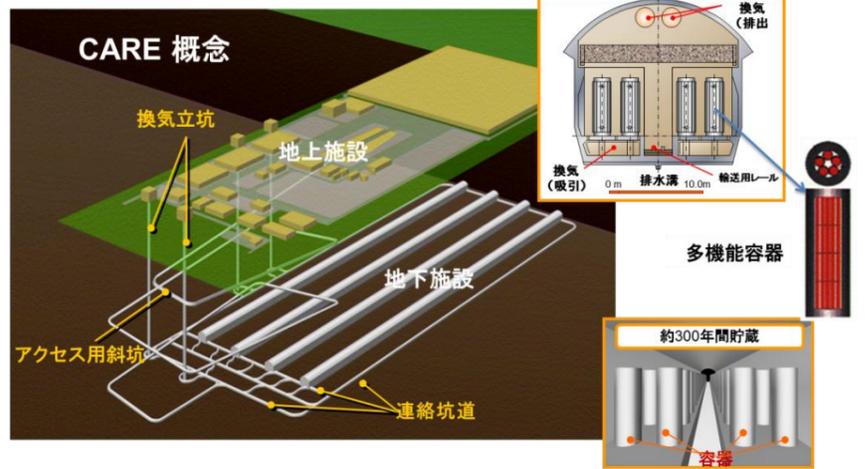


図-1 CARE 概念：地下 500m に大規模空洞 4 本 (ガラス固化体 4 万本分) 300 年間貯蔵することで、地下施設の必要面積は 0.4km² となる

2. 多機能容器 (Super Cask) の特徴

- Super Cask は、ガラス固化体、使用済燃料等の輸送、地下施設での貯蔵および閉鎖後の処分容器としての多機能を有する容器である。
- 地上施設で廃棄物の入れ替えおよび封入の作業を省略することで、設備への負担、ハンドリング上でのリスクを大幅に減じることができ、また、操業全体での経済的なメリットが増加する。
- マッシブな容器とすることで、従来のオーバーパックや処分容器に比較して閉鎖前のロバストな安全性と閉鎖後長期の閉じ込め性が期待できる。
- 強固で重量のある容器を用いた貯蔵により、必要に応じた回収容易性と貯蔵時の確実な保障措置が確保できる。
- 多様で寸法が異なる廃棄物への対応が可能となる。

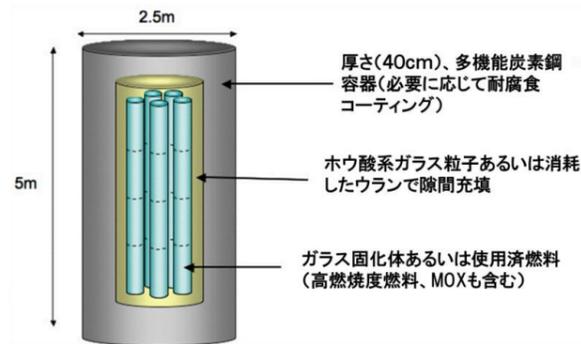
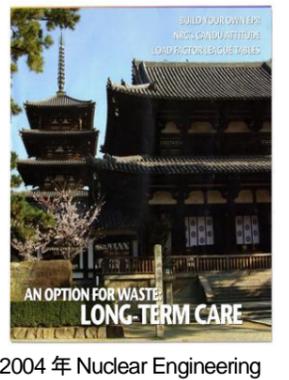
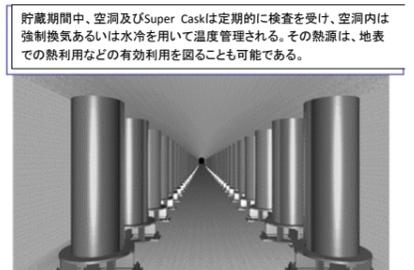
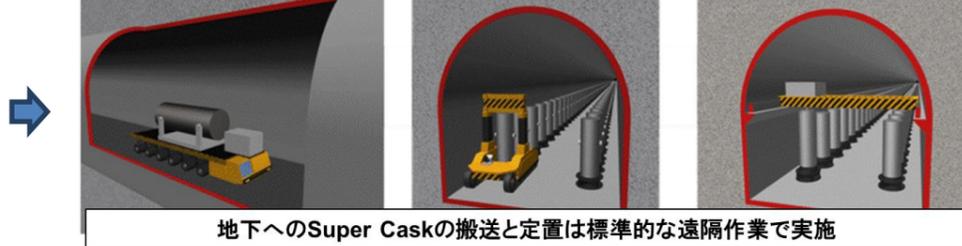
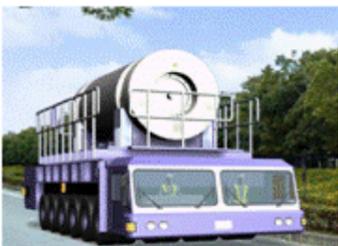


図-2 Super Cask 概念：厚さ 40cm の炭素鋼容器、重量は廃棄体を含め約 120t。表面は貯蔵中の耐腐食のためのコーティング



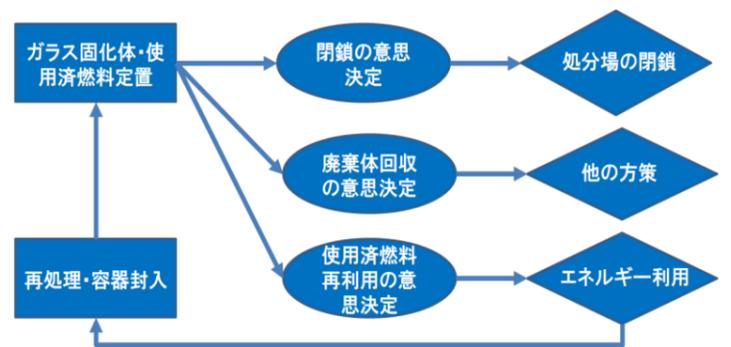
3. 輸送・定置・貯蔵の概念

Super Cask の輸送と地下施設への定置には、既存技術を適用することで対応できる。地下での貯蔵 (例えば 300 年間) 期間中の空洞の安定性の見込み、モニタリングおよび換気、排水システムの準備も既往の技術で対応できる見通しがある。



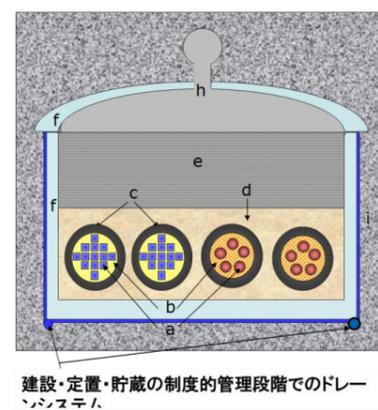
4. 社会的要請への対応

- 貯蔵期間を長く維持することで、異なる世代の意思決定および社会的な要請 (例えば、処分事業の可逆性や廃棄体の回収) に、安全かつ柔軟に対応できる。
 - 長期にわたり継続的に実施するモニタリングや検査に基づく安全レビューを繰り返すことで、意思決定者の処分に向けての安心感を醸成していく。
 - Super Cask というマッシブな容器を採用することで、貯蔵中の高度なセキュリティ (使用済燃料の場合は保障措置) を容易に確保することができる。
- 社会的な要請は、時代の変遷とともにその価値観を含め変化していく不確実性の高い要素であり、CARE 概念のような柔軟な技術オプションを準備しておくことが、処分事業の理解を得つつ候補地を選定していく Adaptive なアプローチにつながる。



5. セーフティケースへの寄与

- 閉鎖までの貯蔵期間中は、マッシブで強固な Super Cask が外界からの影響、セキュリティ、事故・災害へのロバストな抵抗性を提供する。
- 閉鎖後においても Super Cask は、長期にわたる物理的な閉じ込め性 (1 万年以上) と放射線分解影響への化学的緩衝性を担保する。この物理的閉じ込めの際に、放射性廃棄物の毒性は相当減少することが期待できる。
- Super Cask の厚みが、将来的な腐食と荷重による破損の時系列的な分布を生み出し、結果的に使用済燃料の場合の瞬時放出の影響を緩和できる。
- 全体として大容量になる緩衝材と Super Cask の腐食生成物の存在により、人工バリア内は長期にわたり核種の閉じ込め性を確保できる見通しがある。
- 空洞上部に定置する粉碎岩盤による埋戻しとライニングコンクリートの劣化により、人工バリア周辺にハイドロ・ケージが形成され、結果的に核種の放出が抑制される。



安全バリア概念

- 安定した廃棄体マトリックス
- 容器内充填材による溶解度制限
- Super Cask
- 緩衝材
- 上部埋戻し材
- コンクリート支保工(炭酸塩化)
- 換気用坑道等埋戻し材

建設・定置・貯蔵の制度的管理段階でのドレーンシステム

6. 実現に向けての考慮しておく事項

- ✓ 様々な廃棄物の特性に対応した Super Cask の詳細な設計および固定設備の設計
- ✓ 300 年間の空洞の安定性評価、換気手法、モニタリング手法、補強工法の準備
- ✓ 監視付貯蔵期間中の制度的管理の在り方の策定
- ✓ Super Cask を対象とした現実的な性能評価モデルの整備
- ✓ 貯蔵期間中の具体的な保障措置の対策
- ✓ 早い時期に閉鎖に至る決定をする場合の熱への対応

CARE 概念は、2002 年からの NUMO による処分オプション検討で分類した大規模空洞処分 (Cavern Extended Storage) をベースに、将来的な事業の可逆性及び廃棄物の回収性を安全かつ確実に確保するとともに貯蔵中の保障措置を考慮して開発してきた概念です。これまでは、主として海外で紹介し、いくつかの国でのオプション研究で取り上げられてきています。2011 年の福島第一原子力発電所の事故を受け、わが国でも暫定保管や長期管理の議論が活発となってきたことから、このたび国内での紹介の機会を設けました。