



廃棄物処理、処分の観点からの 燃料サイクル技術の研究開発 —特定の核分裂生成物の回収—

平成18年7月19日

日本原子力研究開発機構



1. はじめに

- 研究開発を進める主概念(特に燃料サイクル技術)に対して、廃棄物処理及び処分の観点から検討すべき開発項目を整理
- 今後、設計研究を進めて燃料サイクルと処理、処分の間で最適な取り合いの条件とその為の技術について検討することが必要
- 上記検討の結果、今後、開発が必要となる技術については基盤研究として開発を進め、実用化の判断については適宜チェック&レビューを受けることが必要



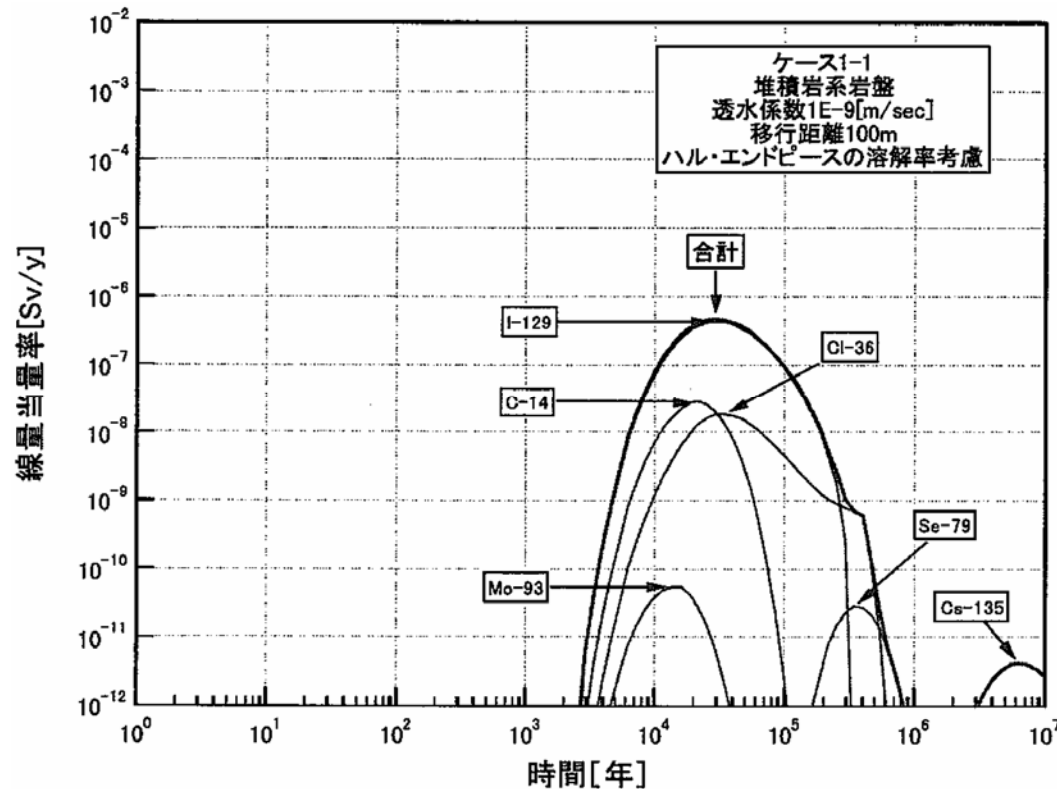
2. 長半減期核種の回収、リサイクルによる環境負荷低減

- 意義: 処分場における環境被ばく評価結果を低減可能
- 対象核種: 考慮する長半減期核種はI-129、Tc-99
- 分離技術(例):
 - ① I(現行はTRU廃棄物として処分)
 - ✓ オフガスから固体吸着材による方法(従来法)
 - システムを改変する必要がない
 - ✓ 濃硝酸溶液に回収する方法 (IODOX法)
 - ② Tc(現行は高レベル廃棄物として処分)
 - ✓ 複数の移行経路を考慮する必要がある
 - 抽出工程での選択的回収
 - フローシートを改良し、Tc洗浄部を設ける
 - 高放射性廃液からの回収
 - イオン交換法などによる
 - 不溶解残さからの回収
 - 残さを溶解する



(参考)TRU廃棄物処分において被ばくに与えるIの効果

- TRU廃棄物処分の検討のため、廃棄体からの核種の溶出と人口バリア及び天然バリア中の核種の移行解析が行われた
 - ヨウ素 (I-129) は数10万年まで最も寄与の大きな核種である



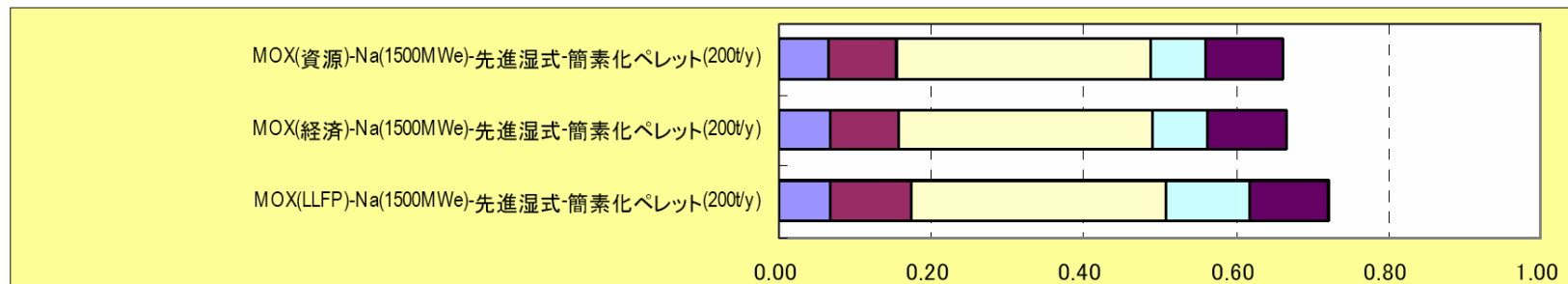
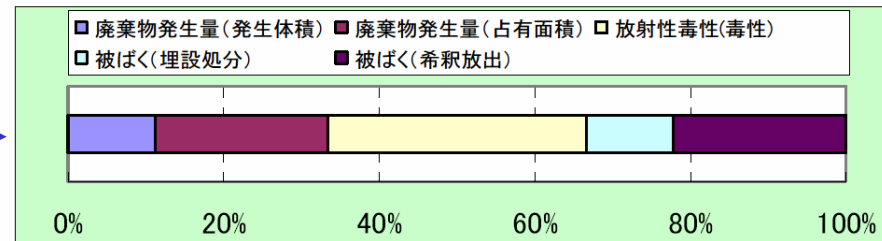


(参考)

総合評価(環境負荷低減)における FP 除去の効果

- 発生量(体積)は低レベル廃棄物が増える効果があり向上していない
- 発生量(占有面積)は向上する
- 放射性毒性は変化しない
- 被ばく(埋設)はヨウ素の除去により向上する
 - 被ばく(放出)は変化しない

評価指標の重み付け





3. ガラス固化体発生量低減及び高レベル廃棄物処分場負荷低減

- ガラス固化体の核分裂生成物含有量を制限する因子：
 - FP酸化物濃度
 - 物理的にガラスが安定して核分裂生成物を含有できる量
 - Mo濃度（Moは含有率が増加すると相分離物を生じ、ガラス固化体の化学的な耐久性を低下する）
 - 最も支配的な制限因子であり、完全に除去することで、1/5程度に発生量を低減（FP酸化物濃度の制限を無視した場合）
 - FP酸化物濃度の制限が仮に25%の場合、半分程度に発生量を低減可能
 - 発熱量制限
 - 中間貯蔵時の除熱性能(2.3kW/本)
 - 高レベル廃棄物処分時の緩衝材(ベントナイト)の温度上限(100°C)
- ガラス組成(現状の例)

成分		割合 (wt%)
廃棄物	核分裂生成物	10
	Na ₂ O	10
	その他	5
ガラス原料		75



3.1 Moの分離によるガラス固化体発生量低減

- 意義：
高レベル廃棄物のFP含有率を高めることで廃棄物発生量を低減
- 対象核種: Mo
- 分離技術(例)
 - ✓ 医療検査薬 (^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$) の製造のため、照射Uからの回収が実用化されている
 - α -ベンゾインオキシムにより Mo を選択的に沈殿する方法



3.2 発熱核種の分離による高レベル廃棄物処分場負荷低減

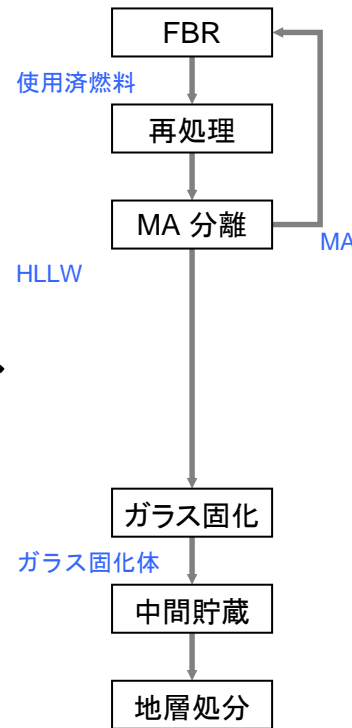
- 意義：
発熱因子が律則する硬岩系地層における処分においては、処分場面積を低減可能
- 対象核種：
考慮する発熱核種はCs-134、Cs-137、Sr-90
- 分離技術(例):
 - ✓ 両元素を回収する溶媒抽出法の研究
 - CCD-PEG 法(露国-米国)・・・UREX+1aに採用
 - 工学規模での運転が行われた
 - UNEX 法(露国-米国)
 - SREX-CSEX 法(米国)



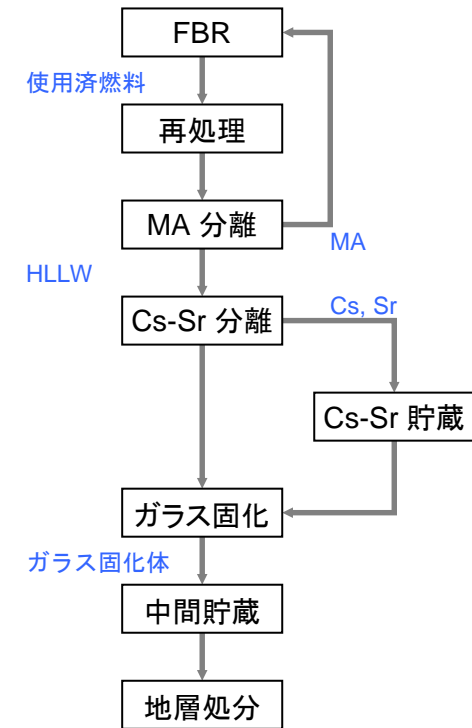
(参考)

発熱核種 (Cs, Sr) の回収シナリオ評価例

- シナリオ1
 - Am と Cm を分離するが、Cs と Sr はガラス固化して処分する
- シナリオ2
 - MA に加えて Cs と Sr を分離し、一定期間の貯蔵の後、ガラス固化体とする
- その他の条件
 - ガラス固化体の FP 酸化物の割合は、高減容を前提として、15、20、25 wt% を検討(リファレンスケースは12%)
 - 処分時の発熱を 400 W で制限



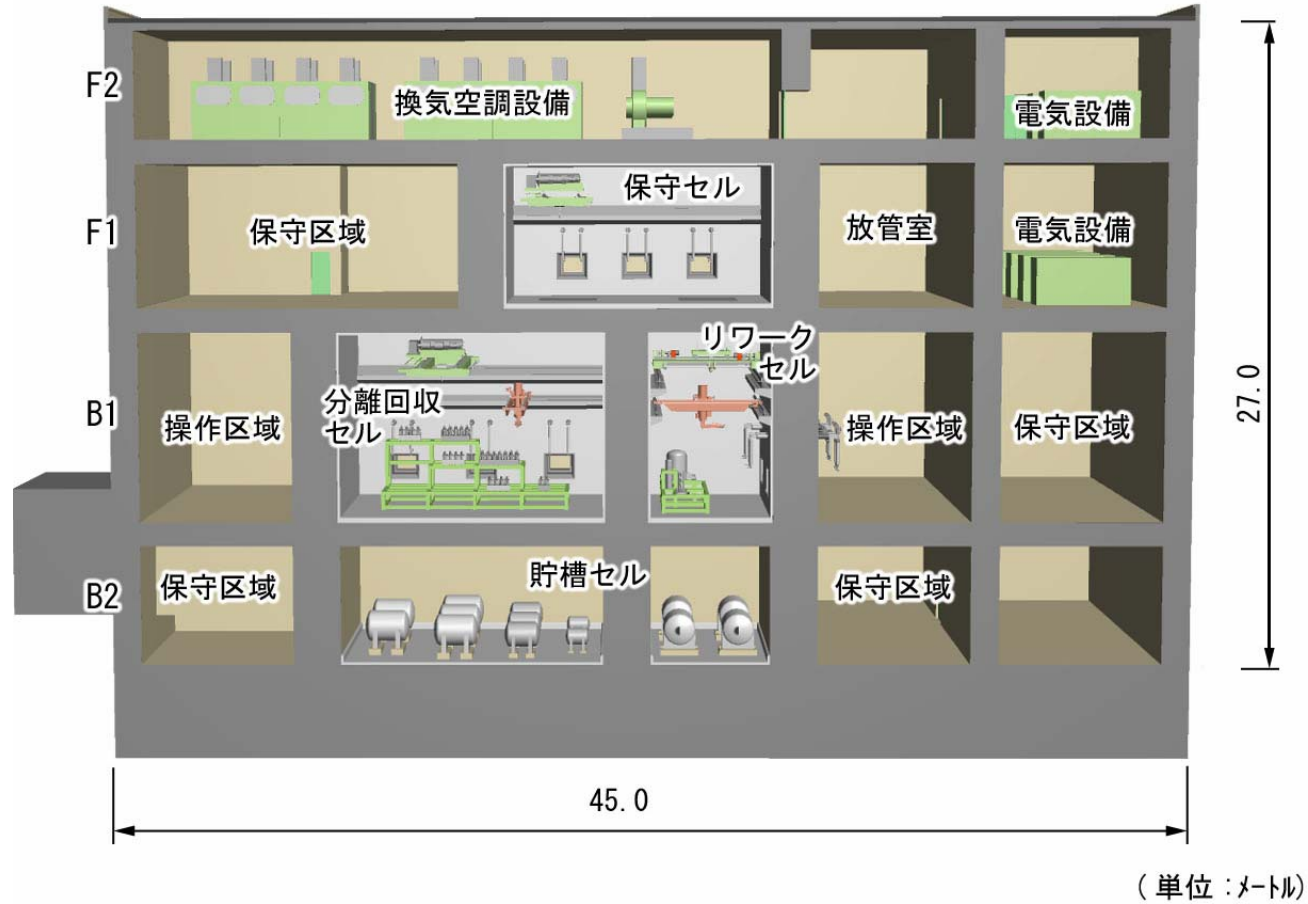
シナリオ 1



シナリオ 2



(参考)
Cs-Sr 回収・貯蔵施設の概念検討の例





(参考)
ガラス固化体発生量に関する考察

- Cs 及び Sr を分離することにより、ガラス固化体の本数を25～40 %低減する可能性がある
 - 発熱は発生量の制限因子とはならない
- Cs と Sr を回収しない場合、発熱が制限因子となりガラス固化体発生量の大幅な低減は困難

	シナリオ 1(回収なし)		シナリオ 2(回収あり)	
	FP 酸化物 15 wt%以下	FP 酸化物 15 wt%以上	FP 酸化物 20 wt%以下	FP 酸化物 25 wt%以下
ガラス固化体 発生量 (本/tHM)	1.08	1.03	0.81	0.65
制限因子	FP 酸化物濃度	発熱量	FP 酸化物濃度	FP 酸化物濃度



(参考)
経済性に関する考察

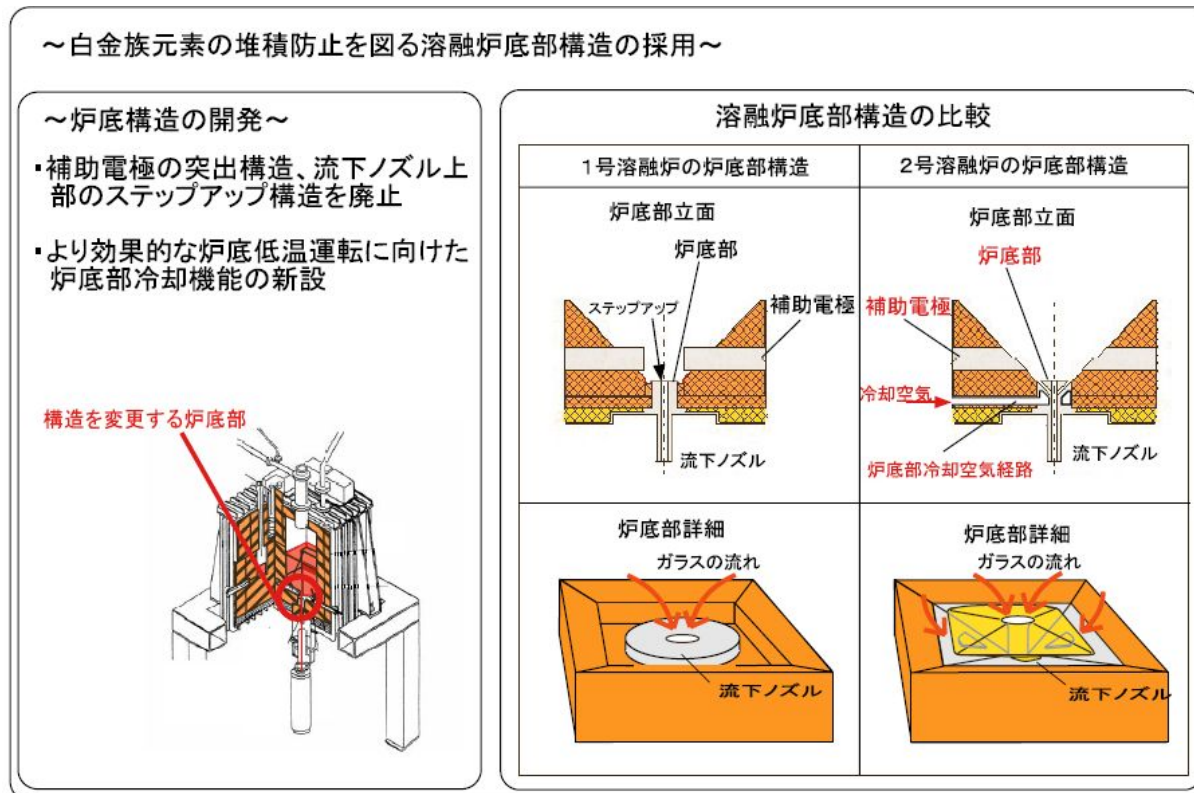
- Cs と Sr を分離することによって、ガラス固化体の中間貯蔵と地層処分に係る費用が低減される
- その一方で、分離と貯蔵の負担が増え、結果として5～10 %のコスト増と見込まれた
- 本評価は概略評価であり、今後より確度の高い検討・評価を行う必要がある

費目 (百万円/tHM)	シナリオ 1		シナリオ 2	
	FP 酸化物 15 wt%以下	FP 酸化物 15 wt%以上	FP 酸化物 20 wt%以下	FP 酸化物 25 wt%以下
Cs-Sr 分離	—	—	30	30
Cs-Sr 貯蔵	—	—	8	21
固化体中間貯蔵	33	31	25	16
地層処分	73	69	54	44
合計	106	100	117	111



5. その他(ガラス固化処理時の負荷低減)

- ガラス固化処理時に白金族元素によるガラス溶融炉(廃液をガラス原料とともにガラス溶融する装置)底部への堆積や導通を起こすなど、ガラス溶融炉の耐用年数に大きく影響を与える要因
- 使用済FBR燃料に関して希ガスを除く核分裂生成物の中でのRu、Pdの割合は、10%、8%(燃烧度が高いと増加する)
- 除去することで、他の核分裂生成物を充填可能



JNC TN1440 2004-002 「平成15年度研究開発課題評価(中間評価)報告書

評価課題「ガラス固化技術開発施設における高レベル放射性廃液のガラス固化処理技術開発」より



6. 核分裂生成物の分離、回収システムの効果に関する検討結果

1. I 及び Tcの核変換によって廃棄物からの被ばく線量率の低減が期待可能
 - IについてはTRU廃棄物処分場からの被ばく線量率が他の概念に比べて小さくなると評価
 - Tcについては、処分場の隆起、侵食の評価ケースの場合に有効
2. Cs、Srは、分離後、発熱を低減するための貯蔵を行なった後に高レベル廃棄物へ戻して処分することにより、高レベル廃棄物中の酸化物量を発熱制限分だけ増加可能
 - 高レベル廃棄物に戻さない場合の廃棄物(例えば、余裕深度処分型低レベル廃棄物)として処分できる可能性について検討要
3. Moを除去することによって、他のFPをより多くガラス固化体に充填可能
 - 放射性廃棄物発生量(占有面積)の評価結果が良好
 - Moの廃棄体検討要
4. 白金族の分離によりガラス固化工程の負荷低減になるが、分離した白金族の廃棄体化の検討要
5. 分離や核変換を行う場合には、分離又は変換した廃棄物の処分についても、その状況や目的に応じて費用対効果の上がる方策を採用すべき



(参考)

核分裂生成物の分離、回収システムの検討例

- TcとIはターゲットとして炉で照射
 - 照射後の処理を行う
- CsとSrは一定期間冷却のため貯蔵
 - 冷却後はガラス固化体とする
- Moは分離して低レベル廃棄物とする

