



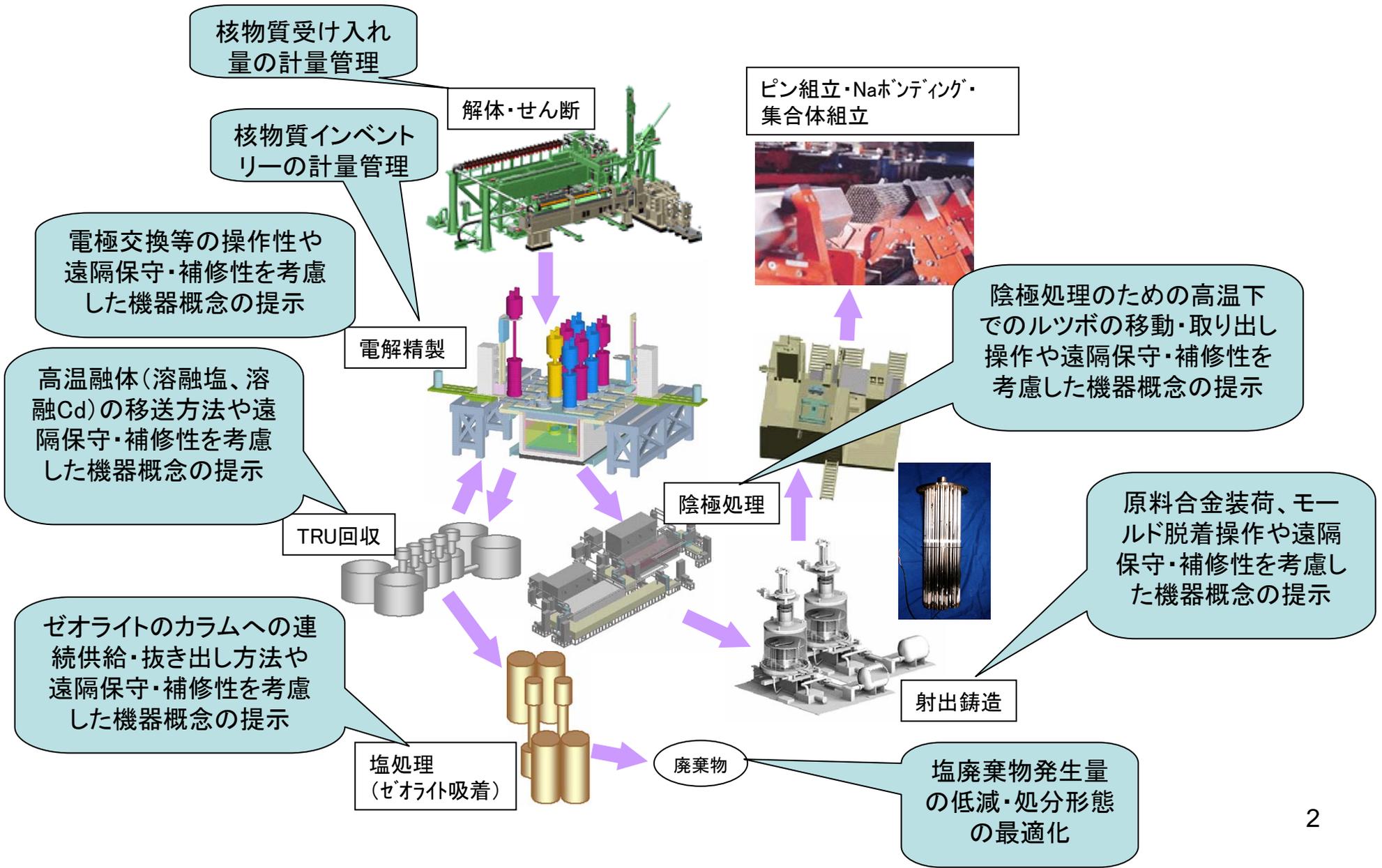
2015年までの研究開発計画

—補完概念：金属燃料サイクル、ヘリウムガス冷却炉—

(独)日本原子力研究開発機構

2006年5月24日

金属電解＋射出鑄造法の主工程に関する技術課題



金属電解＋射出鑄造法のフェーズⅢ以降の技術課題

	項目	フェーズⅢ以降の技術課題
金属電解法 ＋ 射出鑄造法	主要工程の機器概念の提示	操作性や物質移送等を考慮した主工程機器開発、小規模燃料製造(照射用)、計量管理技術開発、廃棄物処分適合性評価、他
	使用済燃料によるプロセス確認 (kg／バッチ程度) (2015年以降実施の準備)	小規模ホット試験計画策定、設備設計、機器設計
	工学規模での技術実証 (2015年以降実施の準備)	計画検討、設備設計、機器設計

金属電解＋射出鑄造法の2015年までの開発内容

項目	フェーズⅢ以降の開発内容
<p>主要工程の 機器概念の提示</p>	<p>①主工程である電解、陰極処理、塩処理・TRU抽出、射出鑄造について遠隔自動操業方法を開発し実証する。(コールド実証2010年、U実証2015年)</p> <p>②小規模の射出鑄造装置により照射用試験燃料ピンを製造する。</p> <p>③電解装置を中心に計量方法を開発し計量精度を評価すると同時に金属電解法の特徴を考慮した計量管理方法を開発する。</p> <p>④ガラス結合ソーダライト固化体への塩廃棄物の充填率を向上させる。また、発熱密度が低いことを考慮した処分形態を開発する。</p> <p>⑤以上の成果を反映した施設概念を検討し、経済性や廃棄物発生量を評価する。</p>
<p>使用済燃料による プロセス確認 (kg／バッチ程度) (2015年以降実施の準備)</p>	<p>①U,Puを用いたフローシート試験により経験を蓄積し、内装試験装置の設計データや安全性データを収集する。</p> <p>②小規模ホット試験の規模、実施場所を想定し設備概念(ホットセル)を具体化する。</p>
<p>工学規模での技術実証 (2015年以降実施の準備)</p>	<p>① 2010年以降、工学規模試験施設の概念設計を実施する。</p>
<p>国際協力</p>	<p>①米国FCFにおける実燃料処理の情報等を技術的実現性評価に反映する。</p>

金属電解＋射出鋳造法の2015年までの開発計画

目的	2006	2010	2015	評価・判断のポイント
設計研究 (実用サイクル施設の概念構築)	概念設計研究 ・実用施設の概念設計・経済性評価 ・計量管理方法の検討		最適化設計研究 ・実用施設の最適化設計	① ①廃棄物固化体処分適合性 ② ②主工程機器の性能、計量管理技術成立性、等の確認
主要工程の 機器概念の提示	操作性や物質移送等を考慮した主工程機器開発、小規模燃料製造(照射用)、計量管理技術開発、廃棄物処分適合性評価、他 ・主工程の遠隔自動操業のコード実証 ・小規模金属燃料製造(常陽照射試験用) ・電解装置の計量精度評価 ・計量管理方法の開発 ・塩廃棄物充填率の向上・処分形態開発		主要機器開発 等 ・主工程の遠隔自動操業のU実証	② ② 実用機器の成立性確認
使用済燃料によるプロセス確認(kg/バッチ程度) (2015年以降実施の準備)	小規模ホット試験計画検討、設備設計、機器設計 ・U,Puフローシート試験(物質収支、試験機器、許認可データ取得)		詳細設計、許認可、ホットセル工事、装置据付 ・小規模ホット試験設備の建設	③ ③ 再処理小規模ホット試験の可能性判断
工学規模での技術実証 (2015年以降実施の準備)			計画検討、設備設計、機器設計 ・工学規模試験施設の概念設計	④ ④ 再処理-燃料製造工学規模試験の可能性判断

■ : 設計、コード試験

■ : U試験

■ : Pu試験

電解装置内核物質の計量管理技術の開発(補足説明)

これまでの検討

- 分析技術、検認装置等の調査
- 物質収支区域と主要測定点の検討
- σ MUF(計量誤差)に関する検討
- 転用ルートに関する検討

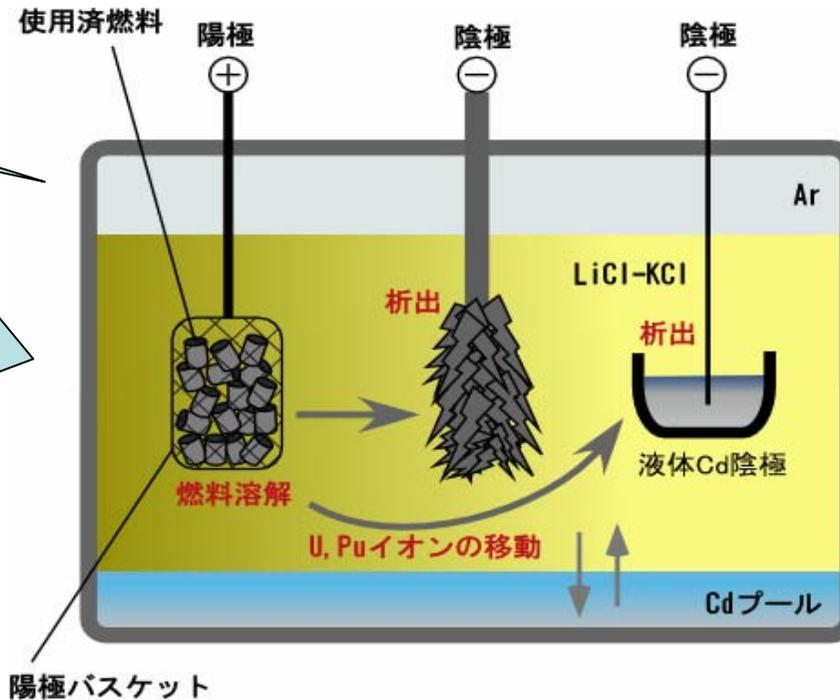


今後、試験データに基づき、金属電解法の特徴を考慮した計量管理方法の開発が必要

入量の確定が困難

核物質の確定が困難

- ・核物質の滞留量大
ex.1700kg塩中
150kgHM
- ・複数相の存在
- ・塩中濃度分布
- ・電解進行
⇒核物質の移送



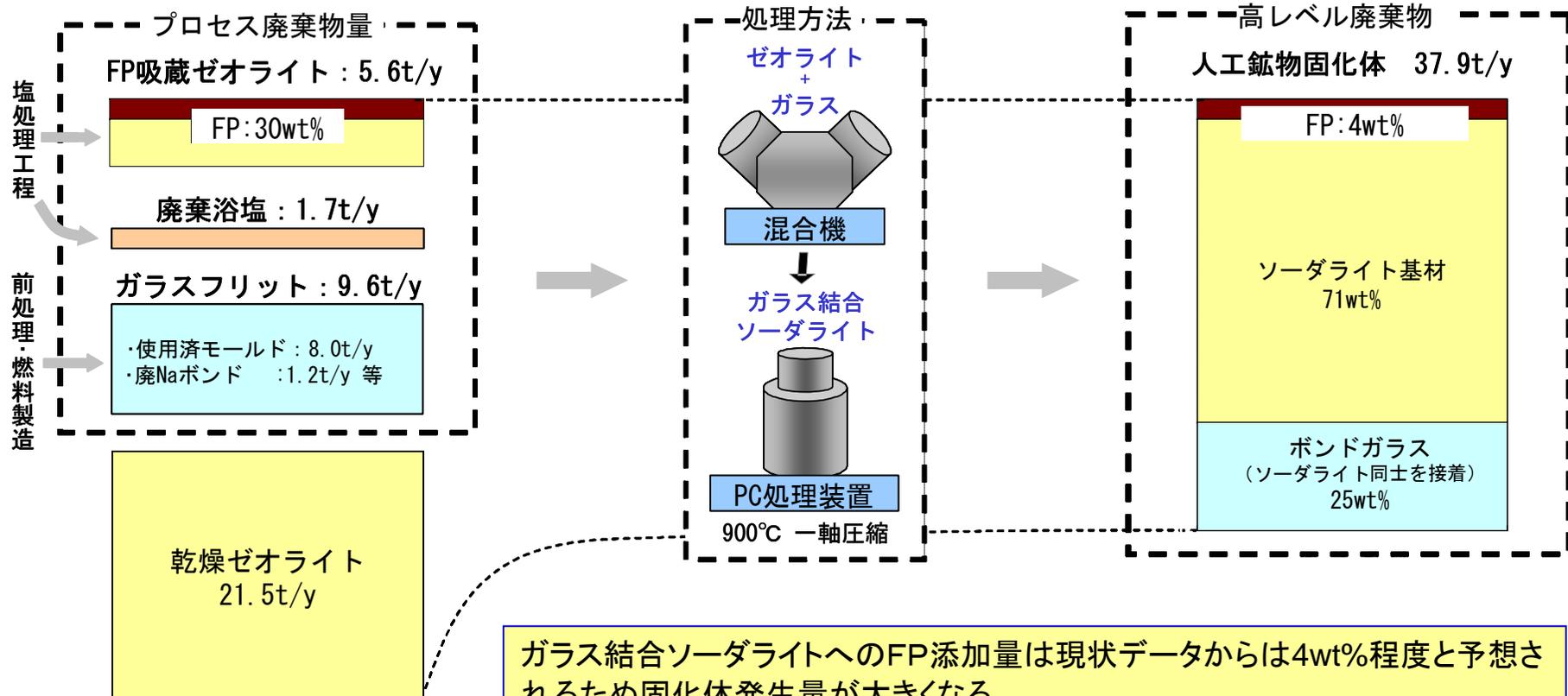
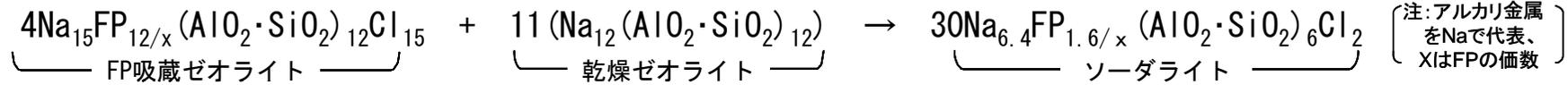
入量・出量計量を確定させるための技術開発

サンプリングの代表性を担保するための技術開発

工程内(電解槽内)核物質をモニタリングする技術開発

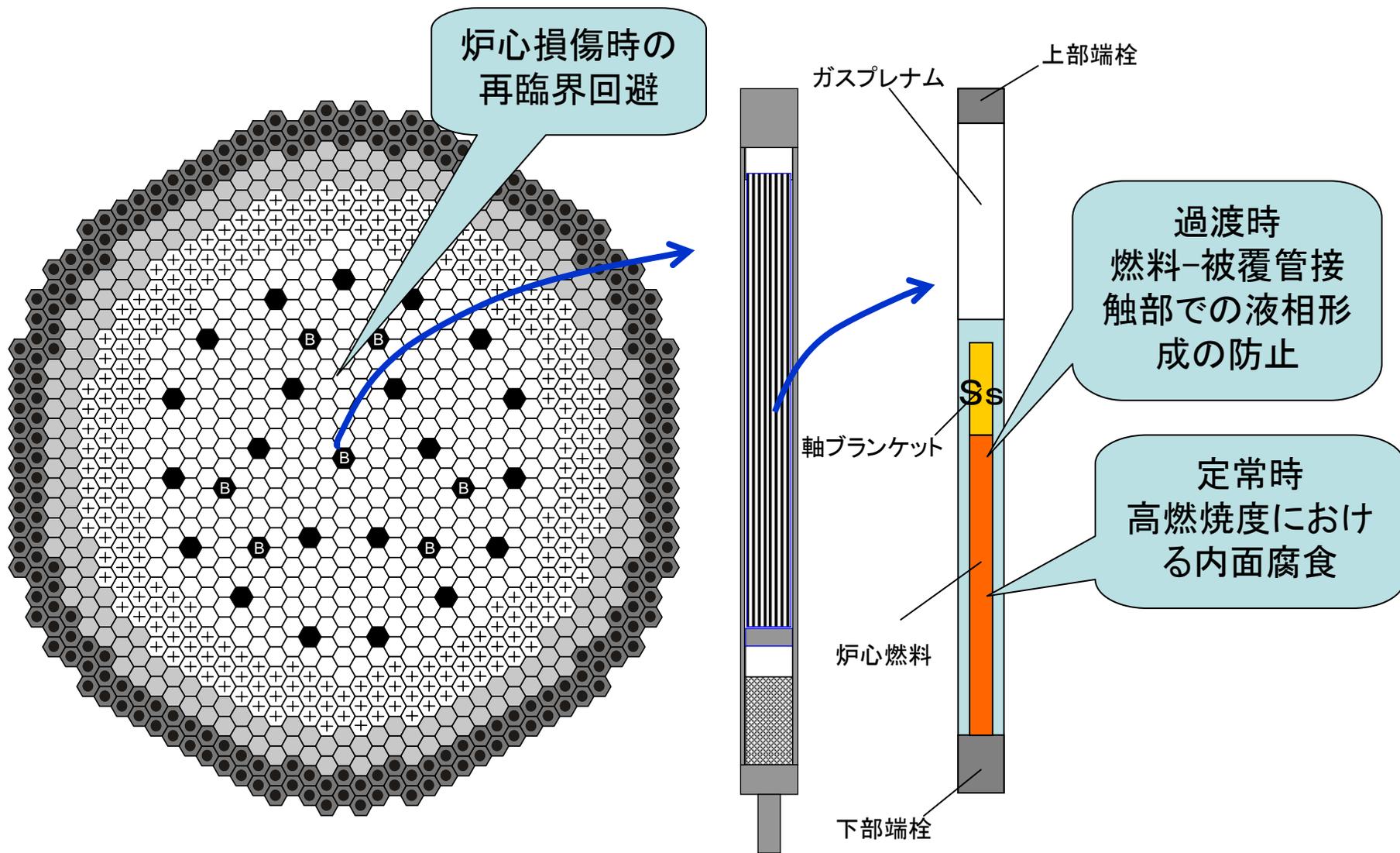
塩廃棄物の技術課題(補足説明)

・ソーダライト固化(Pressureless Consolidation処理)



塩廃棄物の充填率向上及び発熱密度が低いことを考慮した固化体の大型化・処分安全性の評価等が必要

金属燃料炉心のフェーズⅢ以降の技術課題



金属燃料炉心

燃料集合体

燃料ピン

金属燃料炉心の2015年までの開発内容

項目		フェーズⅢ以降の技術課題
金属燃料	燃料開発	<ul style="list-style-type: none">• 照射健全性<ul style="list-style-type: none">– 照射初期における被覆管温度650°Cの成立性– 高燃焼度における被覆管内面腐食の評価• 過渡試験による燃料健全性の確認
	炉心損傷時の再臨界回避	<ul style="list-style-type: none">• 再臨界回避方策の有効性の確認

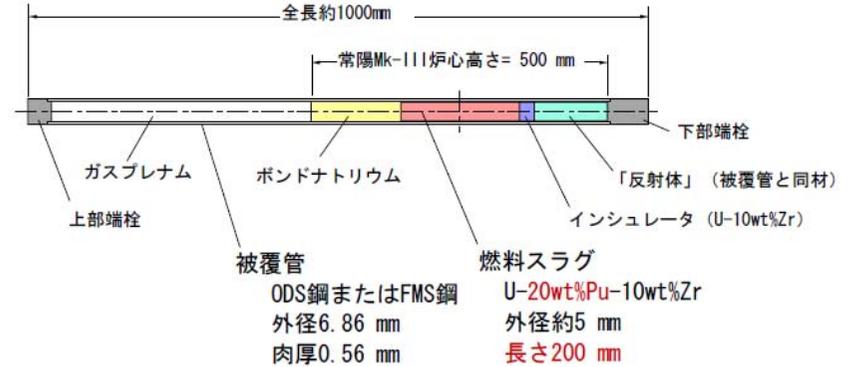
金属燃料炉心の2015年までの開発内容と計画

項目		フェーズⅢ以降の開発内容
金属燃料	燃料開発	①国産被覆材を用いた金属燃料ピンを常陽で燃焼度3at%および8at%程度まで照射し、被覆管腐食量や過渡時の液相形成温度を測定する。 ②国産被覆材を用いた金属燃料ピンを常陽で高燃焼度(20at%程度)まで照射し、健全性を確認する。 ③既存および上記照射データにより内面腐食量評価や燃料挙動評価手法を構築する。 ④国産被覆材を用いた炉外過渡試験を実施し、過渡時の健全性評価手法を構築する。 ⑤国産被覆材を用いた炉内過渡試験を実施し、過渡時の健全性評価手法を確認する。
	炉心損傷時の再臨界回避	①再臨界回避方策を考案し、その有効性を炉外試験や炉内試験により確認する。

補完概念・金属燃料	2005	2010	2015	判断のポイント	代替技術
	燃料開発(照射試験)		◆ 金属燃料ピン照射試験(「常陽」、~20 at.%) ◆ 金属燃料ピン照射試験(Phenix、~6 at.%)	▼ 2	◆ 1 被覆管温度650°Cでの液相形成回避確認 ◆ 2 被覆管温度650°Cでの内面腐食量評価 ◆ 3 MA含有金属燃料の照射健全性見通し
燃料開発(過渡試験)		炉外過渡試験(LOF、国産被覆材)	▼ 4	▼ 4 高燃焼度までの過渡時燃料ピン健全性評価	—
炉心損傷時の再臨界回避方策			▼ 5	▼ 5 再臨界回避方策の有効性確認	—

▼ その後の進め方の判断 ◆ 各課題の主要なチェックポイント

金属燃料の技術課題(補足説明)



U-Pu-Zr金属燃料ピンの「常陽」照射試験

➤被覆管: 国産の9Cr系ODS鋼/PNC-FMS鋼

(FMS鋼は、既存知見の確認及び
ODS鋼のバックアップ材との位置づけ)

➤着眼点:

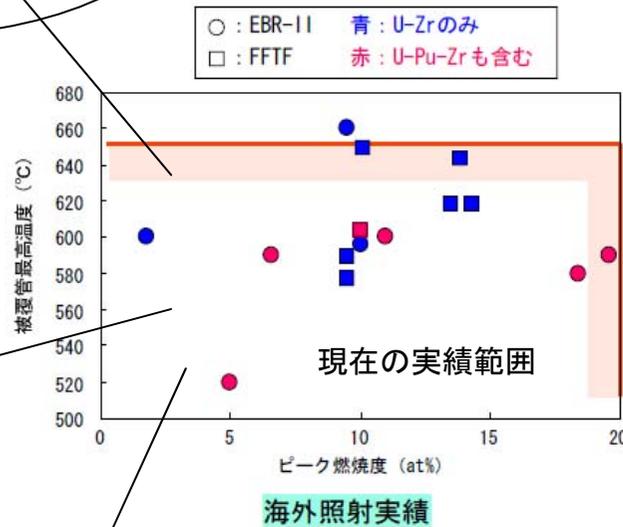
- ①被覆管肉厚中心温度目標値を650°Cとする約3at.%照射
による被覆管内面温度上限値の確認
- ②被覆管内表面温度目標値を600°C程度とする約20at.%
までの照射による、FCCI挙動の確認、高燃焼度挙動の
確認

燃料—被覆管接触部での
液相形成防止のための被
覆管内面温度上限650°Cの
確認

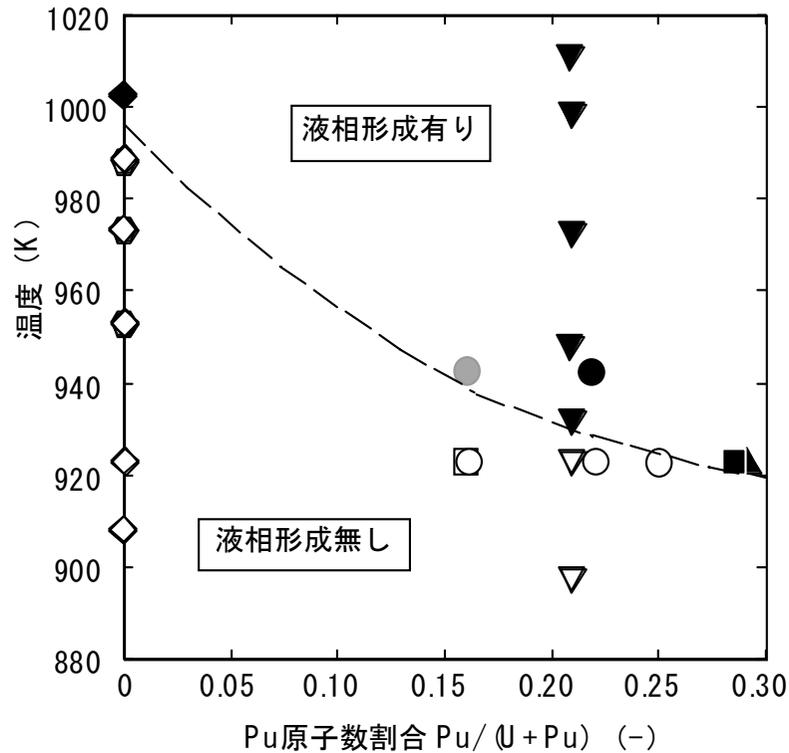
金属燃料開発上
不足している知見

被覆管内面温度
600°C以上での希
土類FPによる内面
腐食 (FCCI)

被覆管国内候補材で被
覆した燃料ピンの高燃
焼度での照射挙動(特
にFCMI)



金属燃料の技術課題(補足説明)



拡散対	液相形成の有無		
	有	無	不明
U-Zr / Fe [1-3]	◆	◇	
U-Zr / Fe-Cr [3]		⬡	
U-Pu-Zr / Fe [4]	■	□	
U-Pu / Fe [5]	●	○	●
U-Pu-Zr / HT9 [6]	▲*		
照射済燃料: U-Pu-Zr / HT9 [7]	▼	▽	

* 下記の文献4)より液相形成有りと判断した。

- [1] 尾形他、電中研研究報告T95030 (1996).
- [2] T. O gata et al, J. Nucl Mater. 250 (1997) 171.
- [3] K. Nakamura et al, J. Nucl Mater. 275 (1997) 246.
- [4] T. O gata et al, J. Nucl Sci Technol, 37 (2000) 244.
- [5] K. Nakamura et al, J. Nucl Sci Technol, 38 (2001) 112.
- [6] D. D. Keiser, Jr. and M. C. Petri, J. Nucl Mater. 240 (1996) 51.
- [7] A. B. Cohen et al, J. Nucl Mater. 204 (1993) 244.

図 液相形成の有無に関する炉外拡散実験結果のまとめ³⁾

液相形成しきい温度は、炉外試験でしか確認されていない。



炉外試験で得られた液相形成しきい温度を被覆管温度とする照射試験を行い、照射下でのしきい温度を確認することが必要

補完概念・ガス冷却炉

分類	2010					2015					試験内容
補完概念・ガス冷却炉	炉心・燃料等の設計研究										<ul style="list-style-type: none"> ◆被覆粒子型窒化物燃料の設計研究 ◆燃料照射計画の策定