

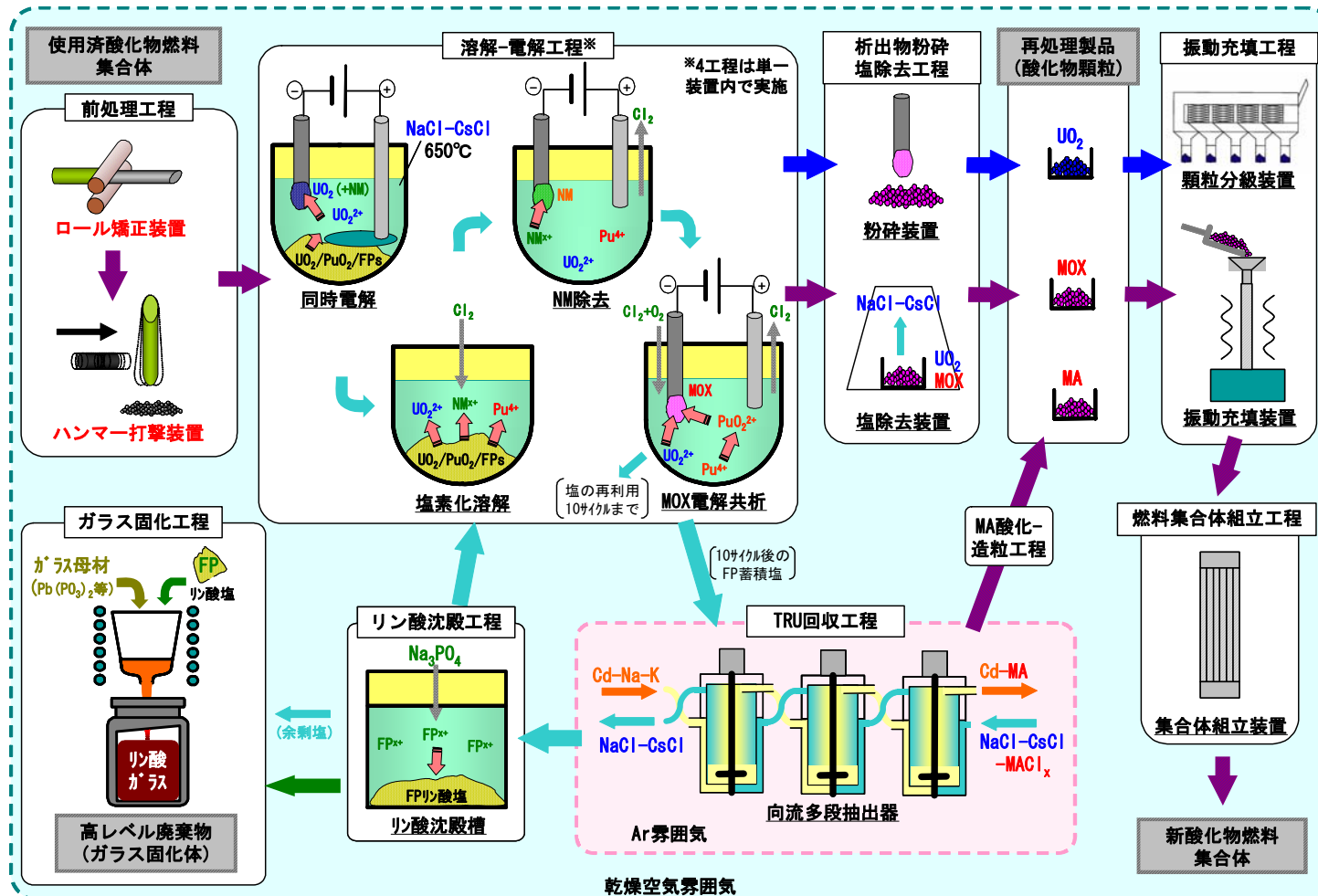
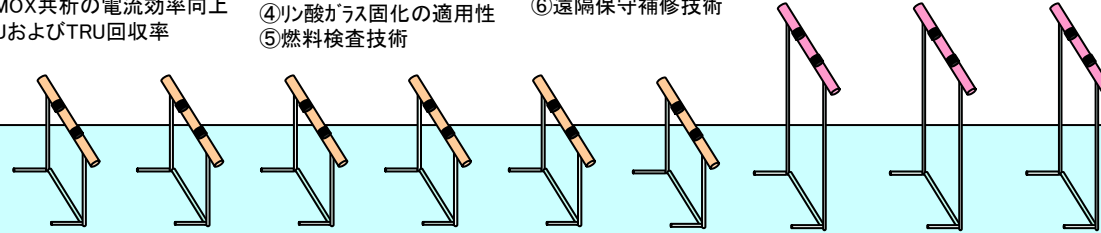


# 2(4)酸化物電解法+振動充填法:プロセスフローと技術課題

- ① MOX共析の電流効率向上
- ② UおよびTRU回収率
- ③ 安全設計手法の整備
- ④ リン酸ガラス固化の適用性
- ⑤ 燃料検査技術
- ⑥ 遠隔保守補修技術

- ⑦ 保障措置技術
- ⑧ MA回収技術の成索性
- ⑨ 材料腐食対策

## 酸化物電解法+振動充填法





## 2(4)酸化物電解法＋振動充填法：主要な技術課題とR&Dの現状等

項目	技術課題	研究開発の現状	代替技術
[プロセス開発] ①MOX共析の電流効率向上 ⑧MA回収技術の成立性 ④リン酸ガラス固化の適用性	①UやFP,Feイオンによる循環電流により電流効率は30%程度で改善が必要 ⑧ 必要なFP分離性を有するMA回収方法の開発 ④リン酸ガラスの耐熱性・ガラス溶融炉材料	①国内では、100g程度のU、模擬FP試験(原子力機構・京大)を実施し、ロシアデータを利用してプロセス改良を進めている。 ②海外のTRU試験や理論評価によりMA回収候補プロセスを検討し高温還元抽出法を選定 ④リン酸ガラスの耐浸出性は良好であるが再結晶温度が400°C程度とホウケイ酸ガラス(500°C)より劣ることが判った。	①沈殿によって高濃度のPuを回収する技術が実証されているが、核拡散抵抗性の面で検討が必要 ④鉄リン酸ガラスでは再結晶温度が500°C程度に改善される可能性がある。
[機器開発] ② UおよびTRU回収率 ⑨材料腐食対策 ⑧MA回収技術の成立性 ⑤燃料検査技術	②回収率99.9%程度の脱被覆装置(+追加回収) ⑨電解装置のルツボ材料 ⑧高温還元抽出装置(MA回収技術) ⑤バイパック燃料中のPu軸方向分布の検査	②国内では、ロール矯正法や2軸せん断法のコールド試験が実施されているが、使用済燃料試験は実施されていない。 ⑨パイログラファイトの寿命は1000hr程度、ジルコン材の耐食性は試験片で確認しているが大型ルツボの製造実績は無い ⑧国内では、金属電解法の多段向流抽出法のコールド試験を実施中(電中研・文科省公募)	②2軸せん断+溶融分離(原子力機構で開発、コールド試験を実施) ⑨パイログラファイト ⑧液体金属陰極電解法
[システム開発] ③安全設計手法の整備 ⑦保障措置技術 ⑥遠隔保守補修技術	③安全設計手法の整備 ⑦保障措置技術 ⑥遠隔保守補修技術	③閉じ込め性や臨界防止の検討が行われているが移行率や臨界量の試験データが不足している ⑦計量管理の成立性検討が行われているが、顆粒燃料の計量誤差等の試験データが不足している。 ⑥机上検討のみでモックアップ試験等は未実施	③ロシアでは精製PuによるMOX燃料製造施設として認可されている。 ⑦ロシアでは精製PuによるMOX燃料製造施設として計量管理している。 ⑥ロシアでは精製PuによるMOX燃料製造施設として遠隔保守している。



## 2(4)酸化物電解法の技術課題(1/2): ⑧MA回収技術の成立性

### (1) 使用済燃料を用いた再処理試験

使用済燃料5kgを用い、塩素化溶解、U回収電解、MOX共析電解、MA回収（炭酸沈殿）、リン酸沈殿の一連の再処理試験をロシアRIARにて実施した。Pu富化度30%のMOX顆粒を回収後、炭酸ナトリウム（ $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ）を添加して99%以上のMAを沈殿回収したが、沈殿物には希土類FPが混入していた。このため、MA分離回収を追加する必要が生じた。



図1 MOX共析電解の析出物(2.7kg)

### (2) MA分離回収技術の開発

種々の可能性を検討し選択的塩素化溶解法、液体Bi陰極電解法および液体Ga陰極電解法による基礎試験を数g程度のAmとその5倍程度のCeを用いて実施した。その結果、液体金属によって90%程度のMAがDF100程度で回収できる可能性が示された。

MA回収工程の基礎試験を実施中(回収率90%程度)



回収率を99%程度まで改善する必要があり、回収方法の選定から始め装置開発までに時間を要する。

AmよりLn(希土類)が多い場合は、炭酸沈殿法では両者を殆ど分離できない

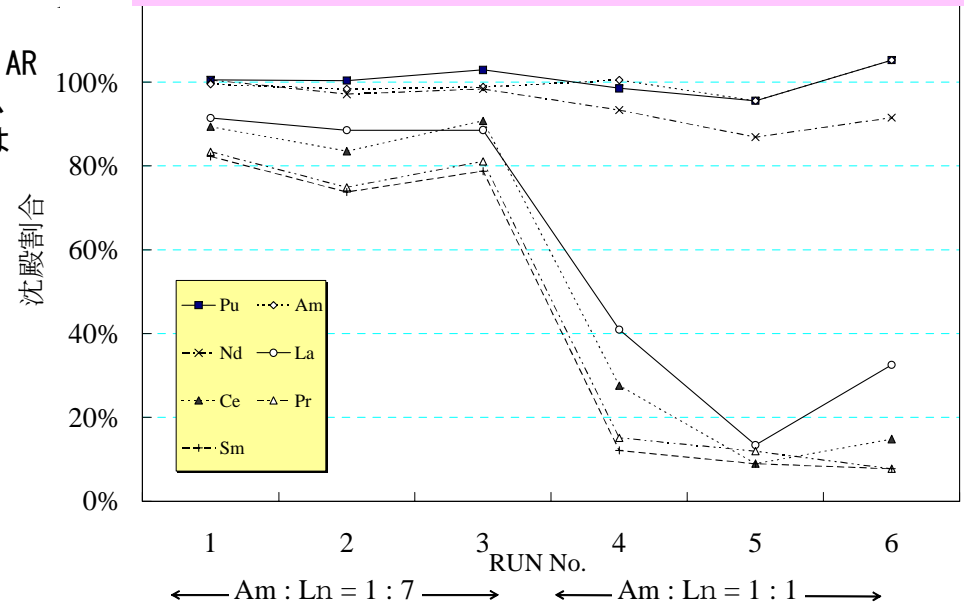


図2 炭酸ナトリウムによるMA沈殿

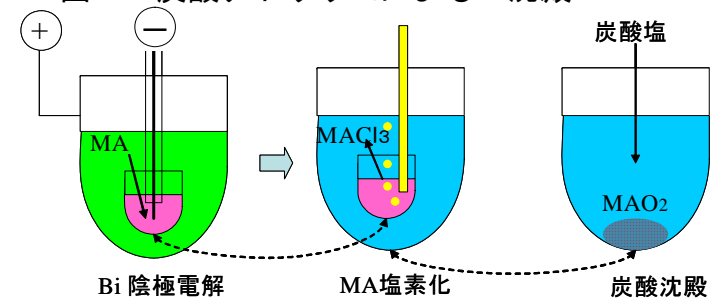


図3 液体金属陰極法によるMA分離回収工程



## 2(4)酸化物電解法の技術課題(2/2): ⑨材料腐食対策

パイログラファイト(PyG)はPuO<sub>2</sub>イオン共存下で腐食速度が大きくなるが緻密化ジルコン((Zr,Si)O<sub>2</sub>)の腐食速度は小さい

$$R_0 = \frac{1.6 \cdot 10^{-6} \cdot P_{O_2}}{(3.5 \cdot 10^{-3} \cdot P_{Cl_2}^{1/2} + 1)}, \text{ mole}/(\text{hr} \cdot \text{m}^2). \quad (4.6.13)$$

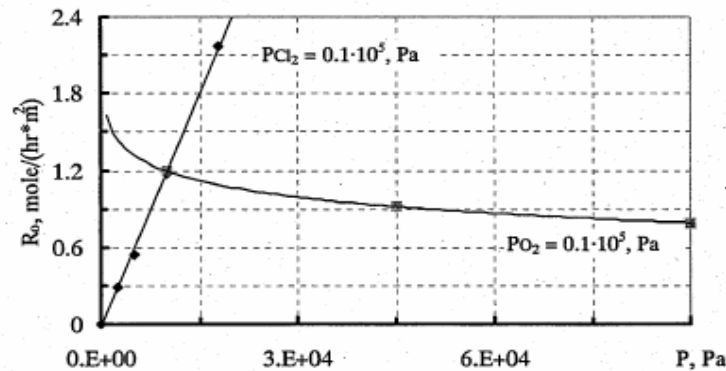


Fig. 4.6.6. Specific rate of pyrographite interaction with NaCl-2CsCl melt containing 5 wt.% of Pu at 650°C depending on oxygen and chlorine partial pressure

図1 パイログラファイトのPuO<sub>2</sub>イオン存在下での腐食速度(R<sub>0</sub>)  
(S.Vavilov et al. JNC TN8400 2003-030)

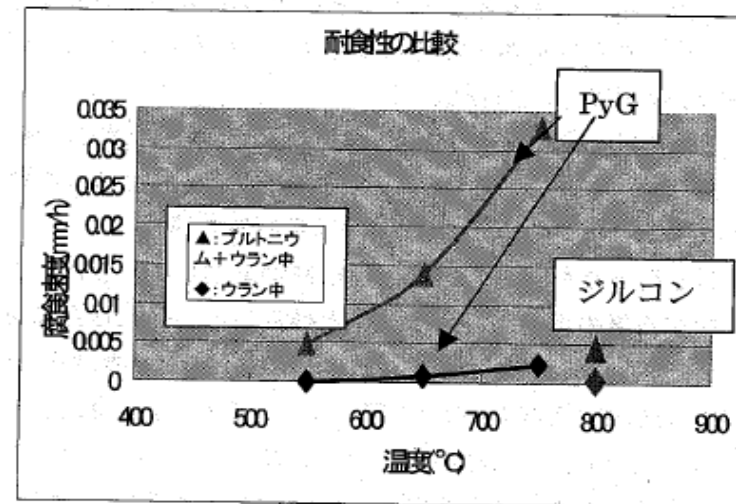


図2 PyG、ジルコンの耐食性比較データ  
(水口他 日本原子力学会 2002年春の年会予稿集 L2)

パイログラファイトの寿命は1ヶ月程度で頻繁な交換が必要  
緻密化ジルコンの寿命は試験片腐食試験で1年程度と予想される。



緻密化ジルコンのルツボ製造技術、強度信頼性、電解槽構造等に課題が残っており、開発には時間を要する。



### 3. 技術的実現性 — 国際的視点

	先進湿式法＋ 簡素化ペレット法	金属電解法＋ 射出鑄造法	先進湿式法＋ 振動充填法	酸化物電解法＋ 振動充填法
国際的視点	国際協力を期待することが可能	国際協力を期待することが可能	国際協力を期待することが困難	国際協力を期待することが可能
	仏国、米国ではホットラボなどによる関連研究を実施中、共同開発による効率的開発や革新技術のブレークスルーが期待できる。	米国ではホットラボなどによる研究を実施中、共同開発による効率的開発や革新技術のブレークスルーが期待できる。	積極的に開発する国はない。	ロシアではホットラボなどによる関連研究を実施中、共同開発による効率的開発や革新技術のブレークスルーが期待できる。
国際協力の現状	<ul style="list-style-type: none"> <li>2005年12月に、仏国CEAとJAEAとの間に「原子力研究開発分野における協力のためのフレームワーク協定」が締結され、核燃料サイクルを含む5つの協力分野と、情報交換や共同研究開発等の7つの協力形態が合意され、協力が開始されている。</li> <li>米国GNEP構想に基づく国際協力の内容を、現在、政府間レベルで検討中である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1989年より米国ANLにおける金属電解法実証研究であるIFR計画に参加したが、1994年に中止された。</li> <li>現在は、EBR-II使用済金属燃料の安定化処理データの一部を文科省公募で電中研が調査中である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1996年より旧サイクル機構-スイスPSI共研（その後オランダNRGも参加）により、NP含有MOXの試験燃料製造及び照射を実施。現在継続中。</li> <li>類似の技術開発として、旧原研と仏国等の共研で内部ゲル化法によるターゲット燃料製造技術開発の例がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1992年よりロシアRIARにおける酸化物電解法の開発情報を電力が入手している。</li> <li>2001年以降は、旧サイクル機構も加わって使用済燃料再処理試験等の情報を入手、FSIにおける設計評価や要素技術開発に反映した。</li> </ul>