

資料6-2
第2回FaCT評価委員会
平成22年12月16日



12の視点から見た燃料サイクル システムの開発状況

2010年12月16日

日本原子力研究開発機構
次世代原子力システム研究開発部門

燃料サイクルにおける革新技術の評価のための 12 視点

- ① 得られたデータの妥当性（量的・質的十分性、試験系の妥当性）をどう評価しているか。判断のエビデンスとしての必要十分性
- ② 計算、シミュレーション、解析などに関して、その妥当性をどう評価しているか（ベンチマーキングがなされているか）
- ③ 工学面でのクリティカルポイント（成立性を決めうる最も優先度の高い事項）をどのように見極めているか
- ④ 国際的な取り組み状況や海外の技術情報をどのように反映して来たか
- ⑤ 技術判断のクライテリアをどのような基準や根拠あるいは論理に基づいて設定してきたか
- ⑥ 技術的な盲点を排除するためにどのような取り組みを取ってきたか
- ⑦ 機構に蓄積されている工学的な経験や知見を、試験研究のみならず技術判断にどのように反映させてきたか。反映できているか
- ⑧ 今後の研究開発における「投資効果」を評価する手法や体制が整っているか
- ⑨ 技術的効果の潜在性を評価している技術課題（即ち、現時点で feasibility を確認出来ていないが成功のポテンシャルを感じており、今後の開発の必要性を主張して△をつけている課題）については、その根拠
- ⑩ 工学的な信頼性についての現時点での判断の内容（故障頻度の推測、寿命の評価、復旧措置の実現性、必要となるメンテナンスポリシー等）
- ⑪ 性能の振れや変動についてどのように見ているか
- ⑫ 要素技術間の仕様や条件のすり合わせや最適化にどのように取り組んできたか

1. 国内外の工学的な知見の反映の状況【←視点 4,7】

● 国外の工学的な知見の反映

- ▶ 独 KfK の精製工用の研究は不純物濃度などの溶液系が異なるものの、プロセス条件や結晶ハンドリングを検討するための参考情報として晶析操作条件の設定等に反映。
- ▶ 米 LANL は晶析技術の適用目的は類似だが、日本より後発かつ基本的な晶析原理が異なるため（日：冷却晶析、米：蒸発晶析）、技術開発の進捗を注視している状況。

● 国内の工学的な知見の反映

- ▶ 晶析設備内の機器は、再処理設備規格で定義される「再処理クラス 2 機器」と判断し、材料や構造を選定。
- ▶ TRP や RRP における高濃度 U 溶液の移送等のプラント実績から、高濃度溶液移送システムとして機械的駆動部の無いエアリフトやサイフォン装置を採用するとともに、結晶による閉塞防止及び解除策の構築に反映。
- ▶ 一般産業界の結晶精製技術の知見を反映して UNH 結晶の精製技術を構築し、Cs、Ba 等の DF 向上策に反映。

2. クライテリア（成果目標）の設定方法【←視点 3, 5, 6】（別紙 1 参照）

● 目標設定に係る視点

- ▶ 原子力委員会が求める 2050 年頃の実用施設が具備すべき性能を満足する施設の概念設計を行う際に必要な技術項目について、「設計成立性」「製作性」「運転・保守性」「経済性」「環境負荷」「核不拡散性」の 6 つの視点を定め、開発または確認すべき技術の詳細項目をさらに分類。

● クリティカルポイントの抽出

- ▶ 2050 年までに解決・確認が必要な技術項目の全体像を、固有の技術的特徴に対して抽出。
- ▶ 抽出した技術項目に対し、既存の技術やデータによる評価が可能なものや一般産業界の知見などをもとにプラントの運転経験などを踏まえて技術的成立性への影響が小さいと判断されるものを除外。
- ▶ 2010 年の革新技術の採否の判断に必須で優先的に解決・確認すべき事項（クリティカルポイント）を選定。

● 成果目標の設定

- ▶ 達成度評価は関係し合う重要項目をひとまとまりとして行うため、選定されたクリティカルポイントをまとめ、FaCT フェーズ I で達成すべき具体的な開発の目標（値）を設定。

3. 得られたデータの妥当性【←視点 1,2】

● U 回収率(目標：U 回収率 70%以上)

- ▶ ビーカースケールでの複数回のホット試験から晶析率 70%以上の再現性を確認（なお、U 回収率は晶析システムで発生する結晶洗浄等によるロスを考慮して総合的に評価）。ただし、添加元素により晶析率は±10%程度変化。
- ▶ 晶析率の制御性の向上の観点から、溶解度等の基礎データの更なる蓄積と、この基礎データを基に晶析率計算式を改良し制御性を向上させることが必要と判断。
- ▶ 小型工学規模晶析装置（実機の約 1/10 スケール）における U 試験の結果、U 晶析率はビーカースケールでの溶解度データから評価した計算値とほぼ一致し、工学規模の晶析装置における U 回収率への制御性見通しを確認。

● U 製品除染性能 (DF) (目標：U 製品の DF100 以上)

- ▶ ビーカースケールでの複数回のホット試験から、特定の元素（Ba、Cs：固体不純物）以外では 100 以上の DF が得られ、その除染性の違いは、不純物の性状（液体・固体）が影響することを確認。
- ▶ 小型工学規模晶析装置及び実機の約 4.5 倍の結晶分離機（市販機の最小規模、回転数調整により遠心力は実機相当）を用いた複数回の U 試験により、母液に含まれる液体不純物に関して 100 以上の DF が得られることを確認。
- ▶ Cs（Pu-Cs 複塩）に関しては、DF 向上策として新たに検討した結晶精製装置により、粒径と密度を考慮した模擬固体不純物での複数回の試験結果から 100 程度の DF が得られる見通しを確認。
- ▶ Ba の必要 DF を炉心設計の観点から詳細に検討した結果、10 でも許容されることを確認し、ベンチスケールの結晶精製 U 試験により結晶精製装置を含む晶析システム全体で 15 程度が得られる見通しを確認。

4. 工学的な信頼性の判断【←視点 10】

- ▶ 晶析は開発期間が短く、フェーズ I では機器寿命を支配する軸受部の耐久性評価や異常時の対応等、致命的な技術課題がないことの検証に傾注している段階。そのため、得られた知見の範囲で工学的な信頼性確保の見通しを提示。

● メンテナンスポリシーについて

- ▶ 運転中の故障はプラント停止につながることから予防保全を基本とする。下部軸受については、健全性確認のためスクリュウブレードの変位（クリアランス測定）などの定期的な点検を実施。
- ▶ UNH 結晶により固着、閉塞が懸念される部位については、定期的な洗浄や加温で対応。

- ▶ その他具体的な機器の分割構造や保守・点検方法については、今後検討が必要。（次フェーズ以降）

● 想定される機器の故障と寿命について

- ▶ 想定される機器故障の部位は、一般産業界における晶析装置の主な故障部位などを参考に、従来の再処理システムと比べて特徴的かつ環境の厳しい部位から、スラリー中で駆動する下部軸受と判断。
- ▶ 故障時にも内包液が漏洩しない構造を前提として、耐食性、耐放射線性、耐異物混入性等を考慮し、軸受タイプを選定。
- ▶ 実機スケールの軸受試験装置において UNH 結晶よりも硬い硝酸ナトリウムのスラリーを用いた加速試験により 3 年間の耐久性を確認。
- ▶ なお、機器寿命の設定は機器のメンテナンスポリシー、経済性、廃棄物発生量などの観点から今後、多角的に検討する必要性あり。

● 異常事象の想定と復旧措置の実現性について

- ▶ 信頼性工学の手法の FMEA 解析法を参考に異常事象の抽出を行い、結晶の装置内堆積と結晶及び母液出口の閉塞を想定。
- ▶ 小型工学規模晶析装置及び溶液移送システム試験装置を用いたウラン試験を複数回実施し、結晶排出口や配管の閉塞挙動を把握するとともに、検知方法として軸トルクや晶析装置内の液位の監視の有効性を確認。
- ▶ 復旧措置として閉塞想定箇所に結晶溶解用の温硝酸や加熱設備を設置することで復旧可能であることを確認。

5. 性能の振れや変動について【←視点 11】

● 晶析装置の安定性

- ▶ 小型工学規模晶析装置による運転試験結果に基づき、定常状態到達後 6 時間の運転にて U 晶析率、母液濃度、製品品質（粒径、含水率）がほとんど変動しないこと（晶析率変動幅は±2%以下）、流量が半減してもこれらに影響しないことを確認。単体機器の安定性は高く、プラントのロバスト性確保は容易と判断。
- ▶ 実機の 1/4 相当の高濃度溶液移送システム試験装置を用いた U 試験では、晶析装置のフィード流量は 19±1L/h 程度で制御可能。これらの装置は規模が大きい方が安定するため実機相当も問題ないと判断。

● 燃料組成変動に対する対応

- ▶ 基準燃料組成については、増殖比 1.1 及び増殖比 1.2 の燃料を対象として、処理条件を検討。
- ▶ 上記条件において最も溶解液中 Pu 富化度が低くなる場合に晶析による U 粗分離で Pu 富化度を 30%に調整するためには U 回収率が約 77%必要。
- ▶ U 晶析率は小型工学規模試験の中で実績として 90%以上達成。実際に想定される燃料組成変動に対して十分な余裕あり。

6. Δ評価に対する技術的な潜在性の判断根拠【←視点 9】

- ▶ U 晶析率は小型工学規模試験の中で実績として 90%以上達成。ただし制御性の観点についてデータ不足。
- ▶ 除染性能について、固体不純物である Cs（DF=～1）や Ba（DF=3～5）が目標値に満たないことが判明。
- ▶ DF 向上策として結晶精製装置を導入。ベンチスケールの結晶精製試験装置を用いた U 試験により晶析システム全体で Cs は 100 程度、Ba は 15 程度（炉心性能の観点から Ba の DF は 10 でも成立することを別途確認）の DF が得られる見通しを確認。しかしながら、結晶精製時の U ロスが発生することが課題。
- ▶ 一般産業界における結晶精製装置では、多くの場合 90%以上の収率を維持しながら精製性能を発揮。精製メカニズムは発汗（部分融解）と再結晶、攪拌といった物理現象に支配されているため、他の物質と同様な性能が期待可能。そのため、晶析装置の U 回収率を 10%程度高く設定することで、結晶精製の収率が 90%の場合でも晶析システム全体のウラン回収率を 70%以上に担保可能と推定。
- ▶ 以上から、課題となる DF について改善の見通しがあると判断。晶析装置での U 回収率を向上し、結晶精製でのロスを加味した上で目標の U 回収率と DF との同時達成を示すことで、晶析プロセス条件の成立性の提示が可能。

7. 研究開発における投資効果を評価する手法及び体制【←視点 8】

- ▶ R&D と設計間のイタレーションを行い、研究開発の方向性を設計側でチェックしつつ推進。
- ▶ 外部有識者による課題評価委員会を設置し、開発の意義や成果の妥当性について評価するシステムを採用。

8. 要素技術間の仕様や条件のすり合わせや最適化への取り組み【←視点 12】（別紙 2 参照）

- ▶ 再処理施設の設計研究の中で、R&D 成果に基づく要素技術を含む工程間の取合い仕様・条件を設定し、システム全体の整合性を確認。

クライテリア（成果目標）設定の方法について

- (1) 原子力委員会が求める 2050 年頃の実用施設が具備すべき性能を満足する施設の概念設計を行う際に必要な技術項目について、「設計成立性」「製作性」「運転・保守性」「経済性」「環境負荷」「核不拡散性」の 6 つの視点を定め、開発または確認すべき技術の詳細項目を表 1 のように分類した。
- (2) 表 1 を共通的な切り口として、各革新技术課題が 2050 年までに解決・確認が必要な技術項目の全体像を、固有の技術的特徴に対し抽出した（表 2）。
- (3) 抽出した技術項目に対し、既存の技術やデータによる評価が可能なものや一般産業界の技術などからプラント成立性への影響が小さいと判断されるもの（次フェーズ以降で着手すれば実用化に十分間に合うもの）を除外し、2010 年の革新技术の採否の判断に必須で優先的に解決・確認すべき事項（クリティカルポイント）を選定した（表 3）。

○ 晶析設備に関して選定された要素技術開発についての評価項目

- ・ Sf-1 晶析装置 (閉じ込め) 漏洩を考慮した安全設計
- ・ Sf-2 晶析装置 (臨界) 臨界安全設計
- ・ Sf-3 結晶分離機 (臨界) 臨界安全設計
- ・ Dp-1 基礎研究 (製品回収率) U 回収率
- ・ Dp-2 基礎研究 (製品除染性能) U 製品除染性能
- ・ Ds-1 晶析装置 (機械的耐久性) 軸受部材の耐久性
- ・ Ds-2 晶析装置 (安定動作性) 結晶生成の安定性
- ・ Ds-3 結晶分離機 (効率・性能) 固液分離性、除染性能
- ・ Ds-4 高濃度溶液移送装置 (効率・性能) 移送能力
- ・ Ds-5 高濃度溶液移送装置 (安定動作性) 移送流量の安定性
- ・ Ds-6 冷却装置 (効率・性能) 冷却能力
- ・ Ds-7 冷却装置 (安定動作性) 温度安定性
- ・ Op-1 晶析装置 運転制御・監視技術の実用性
- ・ Op-2 晶析装置 トラブルからの回復手順の成立性
- ・ Op-3 高濃度溶液移送装置 トラブルからの回復手順の成立性

- (4) 達成度評価は関係し合う重要項目をひとまとまりとして行うため、選定されたクリティカルポイントをまとめて、クライテリア（成果目標）として設定した。

○ クライテリア（成果目標）

- ・ 小型工学規模試験装置によるウラン試験及びホット基礎試験により、U 回収率 70%、100 以上の除染係数が得られる連続晶析プロセス条件の成立性の提示 (Dp-1,Dp-2)
- ・ 小型工学規模晶析装置及び晶析システムの成立性の提示 (Sf-1,Ds-1,Ds-2,Ds-6,Ds-7,Op-1,Op-2)
- ・ 結晶分離技術及び高濃度溶解液移送技術の成立性提示 (Ds-3,Ds-4,Ds-5)
- ・ 適切な解析条件による臨界安全性評価結果の提示 (Sf-2,Sf-3)

表 1 実用化に必要な評価の技術項目の分類

視点	分類	性能・成績に係わる因子抽出における観点
設計成立性	安全設計 (Sf)	閉じ込め
		臨界
		火災爆発
		異常放出
		耐震
	その他固有のハザード	
	プロセス設計 (Dp)	許認可性
		製品回収率
		歩留まり・収率
		製品除染性能
		ロバスト性
	その他固有の性能	
機器・システム設計 (Ds)	速度、流速	
	正確度・精度	
	効率・性能	
	機械的耐久性	
	耐食性	
	耐放射線性	
	強度確保	
	安定動作性	
	その他固有の性能	
	製作性	材料の製作性・調達性 (Fm)
機器の製作性 (Fe)		試薬・充填剤等の消耗品の選定 機器の製作性
運転・保守性	保守・補修性 (Mn)	定期交換部品の交換性
		非定期交換部品の交換性
		共用期間中の検査への対応性
	運転性 (Op)	予防保全の対応性
		定常状態の運転性
		運転制御・監視技術の実用性
経済性	建設コスト (Cc)	物量(系統数、装置寸法)
		経済性評価(機器製作費・設備費)
		付帯設備負荷率
	操業コスト (Rc)	定期交換部品の交換頻度
		省力性(設備の運転・補修に必要な人員)
		エネルギー負荷率
環境負荷	プロセス廃棄物 (Wp)	試薬等使用量
		分析負荷率
	機器廃棄物 (We)	発生量
		処理容易性
核不拡散性	計量管理 (Pa)	運転時の設備・装置内インベントリ量
		設備・装置内インベントリの計量性
	技術的障壁 (Pt)	払出操作の迅速性
		Pu の非単離性
		近接困難性
		不正利用困難性

表2 実用化に必要な技術項目抽出結果【晶析技術開発】(抜粋)

分類	性能・成績に係わる因子抽出における観点	該当事項の有無 (有の場合、その性能・成績因子)	対象となる技術要素	判断理由・根拠
安全設計 (Sf)	閉じ込め	○ 装置からの漏洩防止	システム全体	晶析装置等は、シール部、及び軸、軸受部を有しており、その構造上閉じ込めバウンダリの一部を非溶接構造によって担保する必要があるため、この部分を漏洩しがたい構造とすることは本機器固有の特徴である。
	臨界	○ 臨界安全設計	システム全体	本システムでの臨界安全管理方法は臨界形状管理であり、成立性のある形状管理構造が必要である。
	火災・爆発	無	—	火災・爆発の因子が無いため、該当なし
	異常放出	無	—	本システムでは、放射性物質は閉じ込め(シール部)が健全な状態で放射性物質の異常な放出が生じるような急激な反応はないため、固有のハザード源は無い。
	耐震	無	—	耐震設計上考慮すべき技術的特徴は先行施設等における一般的な再処理設備機器と同様であり、本システム固有のハザード源はない。
	その他固有のハザード	無	—	閉じ込め、臨界、火災・爆発、異常放出、耐震以外の事象に関する本設備固有のハザード源は無い。
	許認可性	無	—	本システムの安全設計・評価のために特に大きなコスト・期間及び特別な試験設備を要する研究開発課題は無い。
プロセス設計 (Dp)	製品回収率	○ U回収率	システム全体	U回収率はプロセスの成立性に影響を与える重要因子である。
	歩留まり・収率	無	—	上記製品回収率で判断される性能と同じと判断して選定から除外した。
	製品除染性能	○ U製品除染性能	システム全体	晶析装置及び結晶分離機でのFP等の除染性能はプロセスの成立性に影響を与える重要因子である。
	ロバスト性	○ 晶析システムのロバスト性	システム全体	晶析システムのロバスト性は、プロセスの成立性に影響を与える重要な因子である。
	その他固有の性能	○ 晶析工程の温度設定	システム全体	晶析システムの温度管理は、晶析装置でのU回収率、及び高濃度HM溶解液移送に影響を与える重要な因子である。
機器・システム設計 (Ds)	速度、流量	○ 処理量	システム全体	処理量はシステム処理能力・系列数に影響する主要な因子である。
		○ 移送流量	高濃度溶解液移送	高濃度溶解液移送流量は、晶析装置への供給流量であり、晶析装置での結晶生成に影響を与える因子である。
	正確度・精度	○ モータ回転数の精度	結晶分離機	モータの回転数は結晶分離機の性能を決める重要な要素であるため、適正な範囲で使用する必要がある。
	効率・性能	○ 晶析装置の冷却能力	晶析装置	晶析装置の冷却能力は、晶析装置の処理能力・系列数に影響を与える主要な因子である。
		○ 固液分離性 除染性能	結晶分離機	結晶分離機の固液分離性、及び除染性能は、プロセスの成立性に影響を与える重要因子である。
	機械的耐久性	○ 駆動部の機械的耐久性	システム全体	駆動部の機械的耐久性は本システム全体の稼働率・廃棄物発生量に影響する主要な因子である。
	耐食性 (化学的耐食性)	○ 耐硝酸性	システム全体	硝酸を使用するシステムであるため、耐硝酸性が求められる。

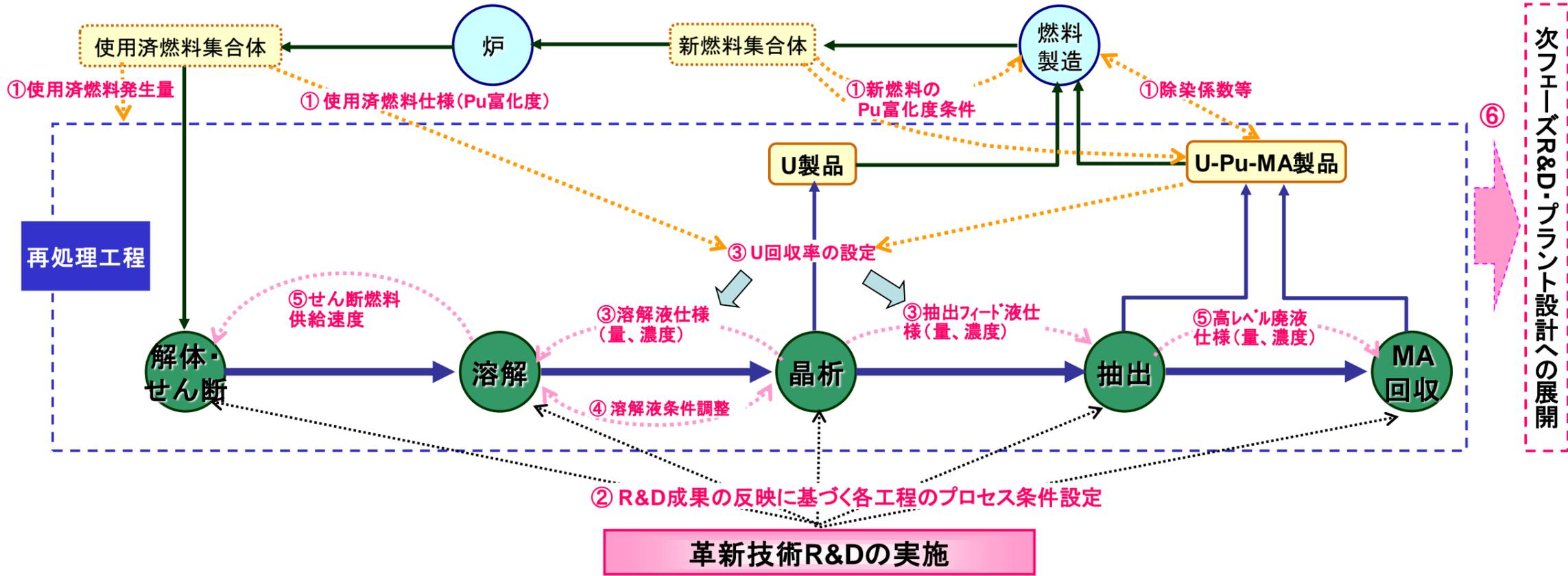
表3 2010年までの開発に必要な技術項目抽出結果【晶析技術開発】(抜粋)

分類	評価項目（技術要素の性能・成績）の候補		評価項目の選定* と参照番号	選定した理由／選定しなかった理由
	技術要素	性能・成績		
安全設計 (Sf)	晶析装置	(閉じ込め) 漏洩を考慮した安全設計	○-Sf1	回転機器の軸受部からの漏洩防止構造の検討は、装置構造を決定する重要な開発項目であることから選定した。
		(臨界) 臨界安全設計	○-Sf2	固有の形状を有しているため、臨界安全設計の評価が重要であることから選定した。
	結晶分離機	(閉じ込め) 漏洩を考慮した安全設計	—	一般市販品のため運転実績が十分であり、既存データによる評価が可能であることから。選定から除外した。
		(臨界) 臨界安全設計	○-Sf3	結晶排出ケースは、固有の形状を有しているため、臨界安全設計の評価が重要であることから選定した。
	結晶移送装置	(閉じ込め) 漏洩を考慮した安全設計	—	従来技術及び革新的技術開発の応用により設計、評価可能であると判断し、選定から除外した。
		(臨界) 臨界安全設計	—	従来技術及び革新的技術開発の応用により設計、評価可能であると判断し、選定から除外した。
	高濃度溶液移送装置	(臨界) 臨界安全設計	—	従来技術及び革新的技術開発の応用により設計、評価可能であると判断し、選定から除外した。
システム全体	(耐震)	—	従来技術及び革新的技術開発の応用により設計、評価可能であると判断し、選定から除外した。	
プロセス設計 (Dp)	基礎研究	(製品回収率) U 回収率	○-Dp1	U 回収率の制御は、本システムのプロセス成立性の提示に関する重要な因子であることから選定した。
		(歩留まり) 歩留まり向上	—	歩留まりは、装置運転開始、停止の操作手順により影響を受けることから、装置構造、機器性能等が確定した後の評価となるため、選定から除外した。
		(製品除染性能) U 製品除染性能	○-Dp2	高除染技術の成立は、本システムのプロセス成立性の提示に関する重要な因子であることから選定した。
		(ロバスト製)	—	
機器・システム設計 (Ds)	晶析装置	(流量) 結晶排出速度	—	モータの回転精度に依存するため、既存データによる評価が可能であり、開発項目に該当しないため、選定から除外した。
		(正確度・精度) 回転数精度	—	モータの回転精度に依存するため、既存データによる評価が可能であり、開発項目に該当しないため、選定から除外した。
		(効率・性能) 処理能力	—	処理能力を含む性能評価は、システムの成立性に関する重要な因子であるが、冷却能力等に依存する性能であるため、選定から除外した。
		(機械的耐久性) 軸受部材の耐久性	○-Ds1	耐久性は、装置稼働率及び保守コストに影響を及ぼす因子であり、設計に不可欠な要件であることから選定した。
		(耐食性) 軸受部材の耐食性	—	硝酸に対する耐食性は、従来技術及び革新的技術開発の応用により設計、評価可能であると判断し、選定から除外した。
		(耐放射線性) 軸受部材の耐放射線性	—	従来技術及び革新的技術開発の応用により設計、評価可能であると判断し、選定から除外した。
		(強度確保) 駆動、加重による材料の強度確保	—	従来技術及び革新的技術開発の応用により設計、評価可能であると判断し、選定から除外した。
	(安定動作性) 結晶生成の安定性	○-Ds2	結晶生成の安定性は、システムの成立性の提示に重要な因子であることから選定した。	

要素技術間の仕様や条件のすり合わせや最適化に関する取り組み ← 視点 12

■ 再処理施設の設計研究の中で、R&D成果に基づく要素技術を含む工程間の取合い仕様・条件を設定し、システム全体の整合性を確認してきている。具体的には以下の手順で段階的に実施。

- ① **炉システム、燃料製造システムとの取合**: 再処理プラント設計に関わるFBRサイクル全体のシステム取合い条件を設定(炉側からの使用済燃料仕様(特にPu富化度)及びその発生量(プラント年間処理量)と新燃料側(燃料製造含む)から求められる再処理製品仕様(Pu富化度、除染係数等))。
- ② **再処理工程の基本条件設定**: 次に、要素技術のR&D成果を基に、除染係数や回収率等のプロセス条件の設計値を設定。(本設計研究では、最初に先進湿式法でキーとなる晶析工程の条件を設定)
- ③ **再処理工程間の取合**: 要素技術を含む工程のinput, outputを設定(濃度、流量等)。晶析工程について言えば、使用済燃料に含まれるPu富化度と燃料製造で要求されるPu富化度の差からどの程度のUを回収するかを決めた上で、下記を設定。
 - ✓ Input : 溶解工程から出てくる溶解液のU,Pu濃度、酸濃度
 - ✓ Output : 抽出工程へ供給する母液のU,Pu濃度、酸濃度等
- ④ **再処理工程間の調整**: 上記のinput, output設定の際には、ある工程の条件が、他工程へ過度な負荷を与えないよう工程間相互の兼合いを考慮して適切と考えられる仕様を設定(相反する条件間の調整)。例えば、晶析と溶解の間では下記のようなことを考慮した。⇒結果は、晶析工程へ供給する溶解液仕様: 500gHM/l/3.5M、晶析温度: 通常1°C程度/燃料組成変動を考慮して-8°C程度まで冷却可能、とした。
 - 晶析工程で低温(マイナス数十度)条件下にすれば溶解液濃度は低くて済むものの、晶析工程の温度・湿度管理(セル内)が特別なものとなる。
 - 一方、晶析工程の温度を高く設定すると、溶解液濃度を更に高くする必要があり、工学的に使用されている以上の濃度の硝酸を供給する必要がある。
- ⑤ **再処理工程間の取合(更なる上流・下流側工程間)**: 同様に、溶解、抽出各工程のプロセス条件の設計値を設定し、そのinputを設定。(ex.溶解であれば、inputがせん断燃料の供給量、せん断速度)
- ⑥ **プラントシステムの統合・評価**: 以上を、再処理施設を構成する全ての設備に亘って実施し、プロセス設計を完遂させ、機器設計等へ反映。更に、今後のR&D計画へフィードバックし、システムとして最適化(フェーズ II 以降で実施)。



次フェーズR&D・プラント設計への展開

革新技術R&Dの実施
主要要素技術間の仕様・条件の設定の考え方

1. 機構内外の工学的な知見の反映の状況【←視点4,7】

●脱硝・転換

- ・本開発課題は、日本のオリジナル技術であるマイクロ波加熱脱硝技術の改良（2 kgHM から 5 kgHM へのバッチサイズ拡大による処理能力向上、MA 含有低除染燃料遠隔製造への適用、造粒機能付加）
- ・マイクロ波加熱脱硝技術は、TRP（東海再処理施設）、RRP（六ヶ所再処理工場）で採用され、TRP で運転経験蓄積。
- ・TRP、RRP での運転、開発実績（窒化ケイ素製浅皿容器の使用実績、処理後の粉末特性、電磁場解析等）に基づいて、試験計画立案、結果の評価を実施。

●造粒

- ・各国で様々な乾式造粒法が採用されているが、遠隔製造には不適。
- ・脱硝転換造粒一元化処理のため、転換工程での湿式造粒を指向。
- ・これまでの開発経験から、転動造粒法の適用性が高いと判断。
- ・造粒粉末に要求される粉末特性は、これまでの「もんじゅ」燃料製造経験より設定。

2. クライテリア（成果目標）の設定方法【←視点3, 5, 6】（別紙1参照）

●目標設定に係る視点

- ・原子力委員会が求める 2050 年頃の実用施設が具備すべき性能を満足する施設の概念設計を行う際に必要な技術項目について、「設計成立性」「製作性」「運転・保守性」「経済性」「環境負荷」「核不拡散性」の6つの視点を定め、開発または確認すべき技術の詳細項目をさらに分類。

●クリティカルポイントの抽出

- ・2050 年までに解決・確認が必要な技術項目の全体像を、固有の技術的特徴に対して抽出。
- ・抽出した技術項目に対し、既存の技術やデータによる評価が可能なものや一般産業界の知見などをもとにプラントの運転経験などを踏まえて技術的成立性への影響が小さいと判断されるものを除外。
- ・2010 年の革新技術の採否の判断に必須で優先的に解決・確認すべき事項（クリティカルポイント）を選定。

●成果目標の設定

- ・達成度評価は関係し合う重要項目をひとまとまりとして行うため、選定されたクリティカルポイントをまとめ、FaCT フェーズ I で達成すべき具体的な開発の目標（値）を設定。

●クリティカルポイント及び成果目標（目安）

- ・粉末品質の目安はもんじゅ燃料製造実績、TRP 運転経験等に基づいて Carr の流動性指数 60 以上、比表面積 3~5 m²/g に設定。
- ・量産性の観点からバッチサイズ 5 kgHM、各処理時間 1hr、収率 80%以上に設定。
 - 容器形状の選定（円筒型/浅皿型）。
 - 量産規模窒化ケイ素容器の製作性。
 - 量産規模オープン内のマイクロ波強度分布の均一性。
 - 量産規模造粒装置の製作性。

3. 得られたデータの妥当性【←視点1,2】

(1)脱硝技術

●容器形状の選定

- ・円筒型脱硝容器の安全性確認のため、約 3/4 スケールの水試験、約 1/3 スケールの硝酸ウラニル水溶液試験を行い、突沸現象が液厚/容器径の比で規定され、円筒型容器実機サイズの液厚では突沸の防止は困難なことを確認。
- ・水溶液のマイクロ波吸収は水が支配的なので、実液においても同様な沸騰挙動を示すと判断し、円筒型容器は不採用。
- ・浅皿型容器の場合、実機サイズでも液厚は現行の実績のあるものほとんど変わらず突沸は起こらないと考えられることから浅皿型容器を採用。

●量産規模窒化ケイ素容器の製作性

- ・5 kgHM/バッチ用浅皿型容器を部分試作し、焼結後の歪みを測定。

- ・歪みの程度から、仕上げ加工により十分な寸法精度が確保できると判断し、製作性有りと評価。

●量産規模オープン内のマイクロ波強度分布の均一性

- ・電磁場解析ソフトとしてマイクロ波利用の業界で広く使用されている電磁場解析コード（Ansoft 社製の HFSS）を使用し、解析に必要な物性値は文献値および原子力機構で実測したもの（硝酸ウラニル、硝酸プルトニウム等の誘電率）を使用。
- ・一般産業界での広い使用実績のあるソフトを用いて、信頼性のある物性データを用いて計算を行っていることから、妥当な結果が得られていると判断。

(2)造粒技術

- ・以下の試験を実施。
 - 数百 g/バッチで、MOX、UO₂、および WO₃ 粉末に対して様々な条件で実施した造粒試験（予備試験）
 - 0.6~1.3kgMOX/バッチで MOX 粉末に対して実施した造粒試験（小規模 MOX 試験）
 - 5 kgHM/バッチで WO₃ 粉末に対して実施した造粒試験（実規模試験）
- ・予備試験の結果（水分添加率、攪拌羽根回転数と造粒挙動、造粒完了時間、粒度分布、容器への粉末付着状況、製品回収量等との関係）はどの粉末も概ね同じ傾向を示し、WO₃ 粉末の模擬性を確認。
- ・処理時間については、最も長い処理時間を要した実規模試験でも約 15 分で造粒が完了しており、実規模 MOX でも目標値（1 時間以内）を満足すると判断。
- ・収率については、小規模 MOX 試験では 80%以上であったこと、機器への付着量は回転羽根のクリアランス等により決まるため機器の構造設計に大きく依存すること、収率向上を図った構造設計を施した機器を用いた実規模試験では 90%以上であったことから、運転中の経年変化等を考慮しても実機において目標値（80%）を満たすものと判断

(3)一元処理技術（量産規模造粒装置の製作性）

- ・一元処理に対応した上部アクセス方式の転動造粒装置を試作し、250gHM/バッチの UO₂ を用い、容器から粉末を移し換えずに、マイクロ波脱硝、焙焼・還元、粉碎、転動造粒を連続して行う総合試験を実施し、設備概念の成立性を確認。
- ・上部アクセス方式の量産規模（5kgHM/バッチ）の転動造粒装置（浅皿容器はステンレス製）を製作し、コールド試験で動作確認した結果、設計通りの造粒機能を果たすことを確認。
- ・実機使用においては、大型浅皿容器の寸法誤差、使用中の変形、遠隔設備による設置誤差等に起因する収率低下及び低除染 MA 燃料処理に伴う温度条件変動等による造粒挙動への影響が考えられ、今後その程度を確認する必要があるが、上部アクセス方式の設備概念の成立性には影響しないと考えられることから、量産規模造粒装置の製作性はあるものと判断。

(4)粉末特性（Carr の流動性指数、比表面積）

- ・小規模 MOX 試験により、ほぼ球状の顆粒を製造できること、造粒条件により粒径を制御できること、粉末の流動性指数は成果目標（Carr の流動性指数 60 以上）を満足していることを確認。
- ・小規模 MOX 試験で得られた顆粒の比表面積に関しては 2.5~3m²/g であり、目安（3~5m²/g）の範囲を外れたが、MOX ペレットの製造実績より 3m²/g 以下の比表面積であっても、95%TD 以上の高密度を達成できていることから、ペレット製造に関する大きな課題はないと判断。
- ・顆粒の流動性、比表面積、粒度分布、硬度等の粉末特性に関しては、今後、焼結・O/M 調製までの一連の試験を通じてペレット製造に与える影響を確認し、必要に応じて原料粉末特性目標に反映予定。

4. 工学的な信頼性の判断【←視点10】

●故障頻度、保守時間について

- ・脱硝および焙焼還元に関しては、TRP および RRP で採用されている技術を単純に拡大したものであるため、故障頻度に関しては、同程度であると推定するが、MA 低除染の影響について今後把握が必要。
- ・転動造粒技術に関しては、一般産業分野で広く利用されている装置であり、構造も比較的単純であることから、十分な信頼性を有するものとするもの、上部アクセス型の転動造粒装置は新規機構であり、

<燃料製造関係> 燃料サイクルにおける革新技術の12視点からの整理【脱硝・転換・造粒一元処理技術】

平成22年12月16日
日本原子力研究開発機構

使用実績も少ないため、その耐久性及びMA低除染の影響確認が今後の課題。

- ・本格的な機器設計は実施していないが、本システムを構成する主要機器で故障や消耗対策として定期的交換が必要な部品として、脱硝オープン内のターンテーブル駆動モーター、焙焼・還元炉のヒーター、攪拌羽根、羽根駆動用モーター等が考えられる。これらの部品のモジュール化構造を工夫することにより、交換部位が属するモジュール単位での交換を短時間で完了する設計とする。
- メンテナンスポリシーについて
 - ・セル内に配置される機器は、クレーンやBSM、パワーマニプレータ等による遠隔保守を前提。
 - ・機器はパワーマニプレータ等を用いてモジュールに分割できる構造とする。工程セルにおいては予備モジュールとの交換で速やかな復旧。故障モジュールの修理は除染後にGB等で実行。
 - ・特に定期交換が必要な部品については短時間で交換可能な構造とする。

5. 性能の振れや変動について【←視点11】

- ・Pu富化度・MA含有率変動による組成変動、粉末発熱量変動による焙焼還元粉末の比表面積への影響及び粉末発熱量の変動、水分添加のばらつきによる造粒粉末特性への影響が重要と認識。
- ・これらによる一元処理粉末特性の振れ、変動の程度を今後の一元処理技術開発の中で把握の予定。
- ・一元処理粉末特性の変動によるペレット品質、ペレット製造設備処理能力への影響を今後のペレット製造試験の中で把握の予定。
- ・粉末特性変動に応じてペレット製造条件を調整することにより、ペレット品質、ペレット工程への影響を緩和する技術を確認のため、基礎物性研究及び製造プロセスシミュレーションの成果を反映の予定。

6. △評価に対する技術的な潜在性の判断根拠【←視点9】

該当せず。

7. 研究開発における「投資効果」【←視点8】

- ・R&Dと設計間のイタレーションを行い、研究開発の方向性を設計側でチェックしつつ推進。
- ・外部有識者による研究開発・評価委員会を設置し、開発の意義や成果の妥当性について評価するシステムを採用。

8. 要素技術間の仕様や条件間のすり合わせや最適化への取り組み【←視点12】

(別紙2参照)

- ・上記5.に記載した開発の結果を反映して、原料仕様、ペレット仕様、一元処理粉末特性目標、ペレット検査方法、製造・検査設備設計の間の取合いの最適化を図る。

表 1 実用化に必要な評価の技術項目の分類

大項目	小項目	性能・成績に係わる因子抽出における詳細項目
設計成立性	安全設計 (Sf)	閉じ込め
		臨界
		火災爆発
		異常放出
		耐震
		その他固有のハザード
	プロセス設計 (Dp)	許認可性
		製品回収率
		歩留まり・収率
		製品除染性能
		ロバスト性
		その他固有の性能
機器・システム設計 (Ds)	速度・流速	
	正確度・精度	
	効率・性能	
	機械的耐久性	
	耐食性	
	耐放射線性	
	強度確保	
	安定動作性	
	その他固有の性能	
	製作性	材料の製作性・調達性 (Fm)
機器の製作性 (Fe)		試薬・充填剤等の消耗品の選定
運転・保守性	保守・補修性 (Mn)	機器の製作性
		定期交換部品の交換性
		非定期交換部品の交換性
	運転性 (Op)	共用期間中の検査への対応性
		予防保全の対応性
		定常状態の運転性
経済性	建設コスト (Cc)	運転制御・監視技術の実用性
		起動・停止操作の運転性
	操業コスト (Rc)	トラブルからの回復手順の成立性
		物量(系統数、装置寸法)
		経済性評価(機器製作費・設備費)
		付帯設備負荷率
環境負荷	プロセス廃棄物 (Wp)	定期交換部品の交換頻度
		省力性(設備の運転・補修に必要な人員)
	機器廃棄物 (We)	エネルギー負荷率
		試薬等使用量
核不拡散性	計量管理 (Pa)	分析負荷率
		発生量
	技術的障壁 (Pt)	処理容易性
		処理負荷率

クライテリア (成果目標) の設定の方法について

- (1) 原子力委員会が求める 2050 年頃の実用施設が具備すべき性能を満足する施設の概念設計を行う際に必要な技術項目について、大きな分類を「設計成立性」「製作性」「運転・保守性」「経済性」「環境負荷」「核不拡散性」の 6 つを定め、開発または確認すべき技術の詳細項目を表 1 のように分類した。
- (2) 表 1 を共通的な切り口として、各革新技術課題が 2050 年までに解決・確認が必要な技術項目の全体像を、固有の技術的特徴に対し抽出した (表 2)。
- (3) 抽出した技術項目に対し、既存の技術やデータによる評価が可能なものや一般産業界の技術などからプラント成立性への影響が小さいと判断されるもの (次フェーズ以降で着手すれば実用化に十分間に合うもの) を除外し、2010 年の革新技術の採否の判断に必須で優先的に解決・確認すべき事項 (クリティカルポイント) を選定した (表 3)。

○脱硝・転換・造粒一元処理技術に関して選定されたクリティカルポイント

・粉末品質に関するもの

- ✓ Dp-3 造粒装置 (その他固有の性能) 顆粒品質 (比表面積、Carr の流動性指数)
- ✓ Dp-2 造粒装置 (歩留り・収率) ペレット製造に適した粒径範囲の顆粒収率

・量産性に関するもの

- ✓ Sf-1 マイクロ波脱硝装置 (その他固有ハザード) 突沸による溶液噴きこぼれ防止対策の検討
- ✓ Dp-1 造粒装置 (製品回収率) 製品回収率
- ✓ Ds-1 造粒装置 (造粒速度) 造粒速度
- ✓ Ds-2 マイクロ波脱硝装置 (その他固有の性能) オープン内マイクロ波分布
- ✓ Fe-1 マイクロ波脱硝装置 (機器の製作性) 量産規模窒化ケイ素容器の製作性
- ✓ Fe-2 造粒装置 (機器の製作性) 量産規模造粒装置の製作性

- (4) 達成度評価をは関係し合う重要項目をひとまとまりとして行うため、選定されたクリティカルポイントをまとめて、成果目標として設定した。

○クライテリア (成果目標)

- ・溶液混合による Pu 富化度調整、マイクロ波加熱脱硝転換、転動造粒で構成する小規模 MOX 試験により、粉末流動性指数 (Carr 指数) が 60 以上、比表面積 3~5m²/g の流動性改良粉末が収率 80%以上の収率で得られる脱硝・転換・造粒一元処理技術のプロセス条件の成立性の提示 (Dp-1、Dp-2、Dp-3、Ds-1) : 粉末流動性指数条件については「もんじゅ」用ダイスにおいて Carr の流動性指数 60 以上で十分な充填率が得られること、また、比表面積については TRP での 1:1MOX 転換の実績や簡素化法を想定した試験結果から、評価の目安としてそれぞれ設定した。
- ・マイクロ波脱硝技術及び造粒技術の量産性見通しに関する技術根拠を提示する。(Sf-1、Dp-1、Dp-2、Dp-3、Ds-1、Ds-2、Fe-1、Fe-2)

表2 実用化に必要な技術項目抽出結果【脱硝・転換・造粒一元処理技術】

分類	性能・成績に係わる因子抽出における観点	該当事項の有無 (有の場合、その性能・成績因子)	対象となる技術要素	判断理由・根拠
安全設計 (Sf)	閉じ込め	○ 低除染・MA含有によるハザード増大に対応した安全評価	マイクロ波脱硝装置	低除染・MA含有であることから従来のMOX転換に比べて潜在的ハザードが大きくなっているため、U・TRU、FPのオフガス・凝縮液への移行を考慮する必要がある。
			焙焼・還元装置 造粒装置	低除染・MA含有であることから従来の転換・燃料製造に比べて潜在的ハザードが大きくなっているため、それに応じた排気系への移行を考慮する必要がある。
	臨界	○ 非均質効果を考慮した臨界評価	造粒装置	転動造粒装置内においては、核物質が数mm程度の粒子で存在する可能性があり、臨界評価にあたっては非均質効果を考慮する必要がある。非均質効果により、核物質質量装荷量の制限値が変化するため、本措置特有の臨界評価を行う必要がある。
	火災・爆発	無	システム全体	火災・爆発の防止の観点から考慮すべき技術的対策は先行施設等における転換機器と同様であるため、本システム固有のハザード源は無い。
	異常放出	無	システム全体	異常放出に対して考慮すべき技術的対策は先行施設等における燃料製造機器と同様であるため、本システム固有のハザード源は無い。
	耐震	無	—	先行施設における燃料製造設備等と同様であるため、本システム固有のハザード源はない。
	その他固有のハザード	○ 突沸による溶液噴き零れ防止対策の検討	マイクロ波脱硝装置	マイクロ波脱硝にあたっては、照射出力や容器形状の違いにより、突沸による噴きこぼれが生じるため、本装置特有の課題になる可能性がある。このため、突沸による吹きこぼれが生じない量産のマイクロ波加熱脱硝装置に適した脱硝容器を選定する必要がある。
	許認可性	○	システム全体	低除染・MA含有によるハザードの増大に対応した安全評価が必要である。
プロセス設計 (Dp)	製品回収率	○ 製品回収率	マイクロ波脱硝装置	製品回収率はオフガス・凝縮液への移行率に係わる性能である。
		○ 製品回収率	焙焼・還元装置	製品回収率は排気系への移行率に係わる性能である。
		○ 製品回収率	造粒装置	製品回収率は処理能力・系列数に影響する主要な性能である。
	歩留まり・収率	○ ペレット製造に適した粒径範囲の顆粒収率	造粒装置	顆粒の大きさは、後工程であるダイ潤滑成型工程の品質や効率に影響を与える可能性があるため、制限値を設ける必要性が生じる可能性がある。
	製品除染性能	無	システム全体	本システムは燃料製造システムであるため、製品の除染を行う必要は無い。
	ロバスト性	○ 組成が脱硝挙動に与える影響	マイクロ波脱硝装置	Pu富化度の違い、MA・FP含有が脱硝過程に影響する可能性がある。
		○ 湿度が造粒挙動に与える影響	造粒装置	簡素化ペレット法では、造粒装置の結合材（バインダー）として、水を使用するため、造粒挙動が空気中の湿度の影響を受ける可能性がある。
	その他固有の性能	○ 脱硝体品質（硬さ、剥離性、未脱硝率）	マイクロ波脱硝装置	マイクロ波脱硝装置の健全性を把握する上で主要な指標である。
		○ 焙焼・還元体品質（O/M）	焙焼・還元装置	焙焼・還元装置の健全性を把握する上で主要な指標である。
		○ 顆粒品質（比表面積、Carrの流動性指数）	造粒装置	造粒装置の健全性を把握する上で主要な指標であるとともに、脱硝・転換・造粒一元処理システムの最終製品の品質を示す主要な指標である。

表3 2010年までの開発に必要な技術項目抽出結果【脱硝・転換・造粒一元処理技術】

大項目	小項目	評価項目（技術要素の性能・成績）の候補		評価項目の選定と参照番号 (○：評価項目に選定、 －：評価項目に非選定)	選定した理由／選定しなかった理由
		技術要素	性能・成績		
設計成立性	安全設計 (Sf)	マイクロ波脱硝装置	(閉じ込め) 低除染・MA含有によるハザード増大に対応した安全評価	－	低除染・MA含有化にともない、U・TRU、FPのオフガス・凝縮液への移行を考慮する必要があると考えられるが、フィルターの多段化等の対策をすることにより、対応可能と考えた。また、革新技術（脱硝・転換・造粒一元処理技術）でも、従来技術でも、同様な配慮が必要となる。したがって、革新技術自体の採否判断には影響を与えないものとして、評価項目に選定しなかった。
		焙焼・還元装置 造粒装置	(閉じ込め) 低除染・MA含有によるハザード増大に対応した安全評価	－	低除染・MA含有であることから従来の転換・燃料製造に比べて潜在的ハザードが大きくなるため、それに伴った排気系への移行を考慮する必要があるが、フィルターの多段化等の対策をすることにより、対応可能と考えた。また、革新技術（脱硝・転換・造粒一元処理技術）でも、従来技術でも、同様な配慮が必要となる。したがって、革新技術自体の採否判断には影響を与えないものとして、評価項目に選定しなかった。
		造粒装置	非均質効果を考慮した臨界評価	－	転動造粒工程の概略の臨界評価を実施した。その結果、Pu富化度30%、Pu同位体組成が ²³⁹ Pu/ ²⁴⁰ Pu=95/5、U濃縮度が4%の条件において、非均質効果を考慮しても、水分添加量30%の場合の臨界Pu質量は約4.2kg、水分添加量が60%の場合の臨界Pu質量は約2.3kgである。実用プラントでの1バッチ当りのPu重量は最大でも1.5kgであるので、質量管理が適用できる概略見通しを得たため、革新技術の採否判断には影響を与えないものと判断して評価項目に選定しなかった。
		マイクロ波脱硝装置	(その他固有ハザード) 突沸による溶液噴きこぼれ防止対策の検討	○	マイクロ波脱硝にあたっては、照射出力や容器形状の違いにより、突沸による噴きこぼれが生じるため、本装置特有の課題になる可能性がある。このため、突沸による吹きこぼれが生じない、量産に適した脱硝容器の選定に影響するため、評価項目に選定した。
		システム全体	許認可性	－	低除染・MA含有によるハザードの増大に対応した安全評価に対する考慮は必要ではあるが、既存のホットセルと核燃料施設に準じた許認可を行うことにより、対応可能と考えた。また、革新技術（脱硝・転換・造粒一元処理技術）でも、従来技術でも、同様な配慮が必要と思われる。したがって、革新技術自体の採否判断には影響を与えないものとして、評価項目に選定しなかった。
	プロセス設計 (Ds)	マイクロ波脱硝装置	製品回収率	－	マイクロ波脱硝装置の製品回収率は、オフガス・凝縮液への移行率に係わる性能ではあるが、本技術の革新技術は先行施設等において既に工学的に十分な運用行われている従来技術を単純にスケールアップしたものであり、製品回収率に顕著な違いは無いと考えた。したがって、革新技術の採否判断に影響を与えないものとして、評価項目に選定しなかった。
		焙焼・還元装置	製品回収率	－	焙焼・還元装置の製品回収率は、排気系への移行率に係る性能ではあるが、本技術の革新技術は、先行施設等において既に工学的に十分な運用行われている従来技術を単純にスケールアップしたものであり、製品回収率に顕著な違いは無いと考えた。したがって、革新技術の採否判断に影響を与えないものとして、評価項目に選定しなかった。
		造粒装置	製品回収率	○	新しく追加となる造粒装置の製品回収率は、処理能力・系列数に影響する主要な性能であるため、評価項目に選定した。
		造粒装置	(歩留まり・収率) ペレット製造に適した粒径範囲の顆粒収率	○	新しく追加となる造粒装置で得られるペレット製造に適した顆粒収率は、処理能力・系列数に影響する主要な性能であるため、評価項目に選定した。
		マイクロ波脱硝装置	(ロバスト性) 組成が脱硝挙動に与える影響	－	Pu富化度の違い、MA・FP含有が脱硝過程に影響する可能性はある。影響を与えるものとして、放射性核種からの発熱があるが、加熱自体は溶液の濃縮と脱硝反応を促進させるため、脱硝速度を向上させる因子になる可能性が高いと考えた。また、革新技術（脱硝・転換・造粒一元処理技術）でも、従来技術でも、同様な配慮が必要となる。したがって、革新技術自体の採否判断には影響を与えないものとして、評価項目に選定しなかった。
	造粒装置	(ロバスト性) 湿度が造粒挙動に与える影響	－	セル内における湿度管理を行うことにより、本要因による影響は小さくできると考えたため、革新技術の採否判断に影響を与えないものとして、評価項目に選定しなかった。	
	マイクロ波脱硝装置	(その他固有の性能) 脱硝体品質(硬さ、剥離性、未脱硝率)	－	本技術の革新技術は、先行施設等において既に工学的に十分な実績がある従来技術を単純にスケールアップしたものであり、脱硝体品質には顕著な違いは無いと考えた。したがって、革新技術の採否判断に影響を与えないものとして、評価項目に選定しなかった。	
	焙焼・還元装置	(その他固有の性能) 焙焼・還元体品質(O/M)	－	本技術の革新技術は、先行施設等において既に工学的に十分な実績がある従来技術を単純にスケールアップしたものであり、焙焼・還元体品質には顕著な違いは無いと考えた。したがって、革新技術の採否判断に影響を与えないものとして、評価項目に選定しなかった。	
	造粒装置	(その他固有の性能) 顆粒品質(比表面積、Carrの流動性指数)	○	脱硝・転換・造粒一元処理システムの最終製品の品質であり、次工程であるダイ潤滑成型工程や焼結・O/M調整にも影響するため、評価項目として選定した。	

要素技術間の仕様や条件間のすり合わせや最適化への取り組み【←視点12】

