



燃料サイクルシステムに関する設計研究について

平成18年8月4日

日本原子力研究開発機構



2015年までの燃料サイクルシステム研究開発の進め方





燃料サイクルシステムの設計研究

これまでの設計研究成果

- 主工程の最小化に着目して検討を実施し、開発目標を高いレベルで満足する可能性を有する処理規模200t/yの燃料サイクルプラント概念を構築した。
- 軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの移行期に関する想定シナリオ設定と関連する諸量評価を実施し、プラント規模や軽水炉燃料再処理に必要な新たなプロセス、機器などを検討した。

今後の設計研究の課題

- 工学規模ホット試験
 - －実証燃料サイクル施設の設計に反映させる為に、要素技術開発の進捗状況を考慮して再処理及び燃料製造の工学規模のホット試験とその準備をそれぞれ早期に実施
 - －その為に、試験施設として安全審査を受けられる内容の基本設計を実施
 - －将来の新たな技術に関する試験も実施可能な、柔軟な対応の取れる施設、設備の構築
- 実証燃料サイクル施設
 - －フェーズⅢ以降で実施する基本設計のベースとなるよう、実証に必要なプロセス及びプラントの規模、系統構成などを具体的に定めて施設の概念を構築
- 2050年頃の実用化を目指した実用燃料サイクル施設
 - －安全設計、周辺工程の設計、要素技術成果を取り込んだプロセスやシステムの最適化
 - －国内の政策・技術動向を踏まえ、高速増殖炉サイクルへの移行期の適切なシナリオを抽出
 - －シナリオ解析を基に、軽水炉、高速炉、プルサーマル燃料を合理的に処理できるプラントの仕様検討
 - －代替技術等の評価とプラントへの適用可能性の検討



- 軽水炉燃料の処理に必要な機器
 - ・集合体反転機を追加
 - ・グリッド/スペーサ部を処理する成形機を追加
 - ・エンドピース洗浄槽を追加
 - ・第二晶析設備を追加
- シナリオ整合する設備の変更をさらに検討

移行期プラントの前処理設備セル断面図



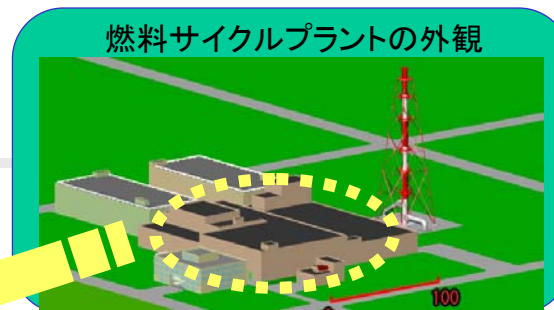
燃料サイクルシステムの設計研究計画

分類	2010	2015	設計内容
1.採用する各革新技術の決定 • 要素技術開発に伴う設備設計、評価 • 代替技術等の評価	各革新技術の決定 		<ul style="list-style-type: none"> 要素技術開発の成果を基に設備設計を実施して設計要求値への適合性を評価する。 分離技術などに関する代替技術等の比較評価を実施する。
2.工学規模ホット試験 • 再処理試験施設 • 燃料製造試験施設	基本設計 	許認可/詳細設計/建設 試験開始 	<ul style="list-style-type: none"> 先進湿式法の革新技術及び総合システム試験を2015年に開始できるための設計、建設を実施 簡素化ペレット法によるTRU燃料製造のシステム試験を2020年頃から開始できるための設計を実施
3.高速増殖炉サイクルへの移行期検討 • シナリオ解析 • プロセス、設備概念検討と評価 • プラント概略仕様検討(専用、共用) • 研究開発計画ドラフト作成	概念検討 概念設計 	基本設計 第2再処理工場に関する国の議論 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料サイクルシナリオを解析し、処理量、導入時期、回収製品の取り扱い等を検討する。 最適な除染度などの仕様や処理プロセスの選定する。 実現の可能性が高いプラントの概念を抽出、プラント仕様と処理プロセスを決定する。 プラント概念成立に必要な新たな技術の研究開発計画を策定する。
4.実証燃料サイクル施設 • 再処理施設の概念設計 • 燃料製造施設の概念検討		実証方策の提示 	<ul style="list-style-type: none"> 2010年の革新技術の決定を基に、実証に必要な施設規模、系列数などを確定し、再処理については概念設計、燃料製造については概念検討を実施する。
5.実用燃料サイクル施設(再処理+燃料製造) • 安全設計検討 • 周辺工程设计検討 • 施設の概念検討		実用化像の提示 	<ul style="list-style-type: none"> 分離回収設備の寸法や基数に影響する核的制限値を定め、これに基づく安全設計を行う。火災・爆発や閉じ込めについても解析、評価を行う。 従来、詳細な検討の不足していた換気や電気設備を検討し、建屋の構造も構造強度などを考慮して再検討する。 要素技術開発の進展や炉心設計の進捗を考慮して、設計の内容の最適化を図る。
6.実用化までの研究開発計画の提示		研究開発計画の提示 	



2005年までの設計研究の成果

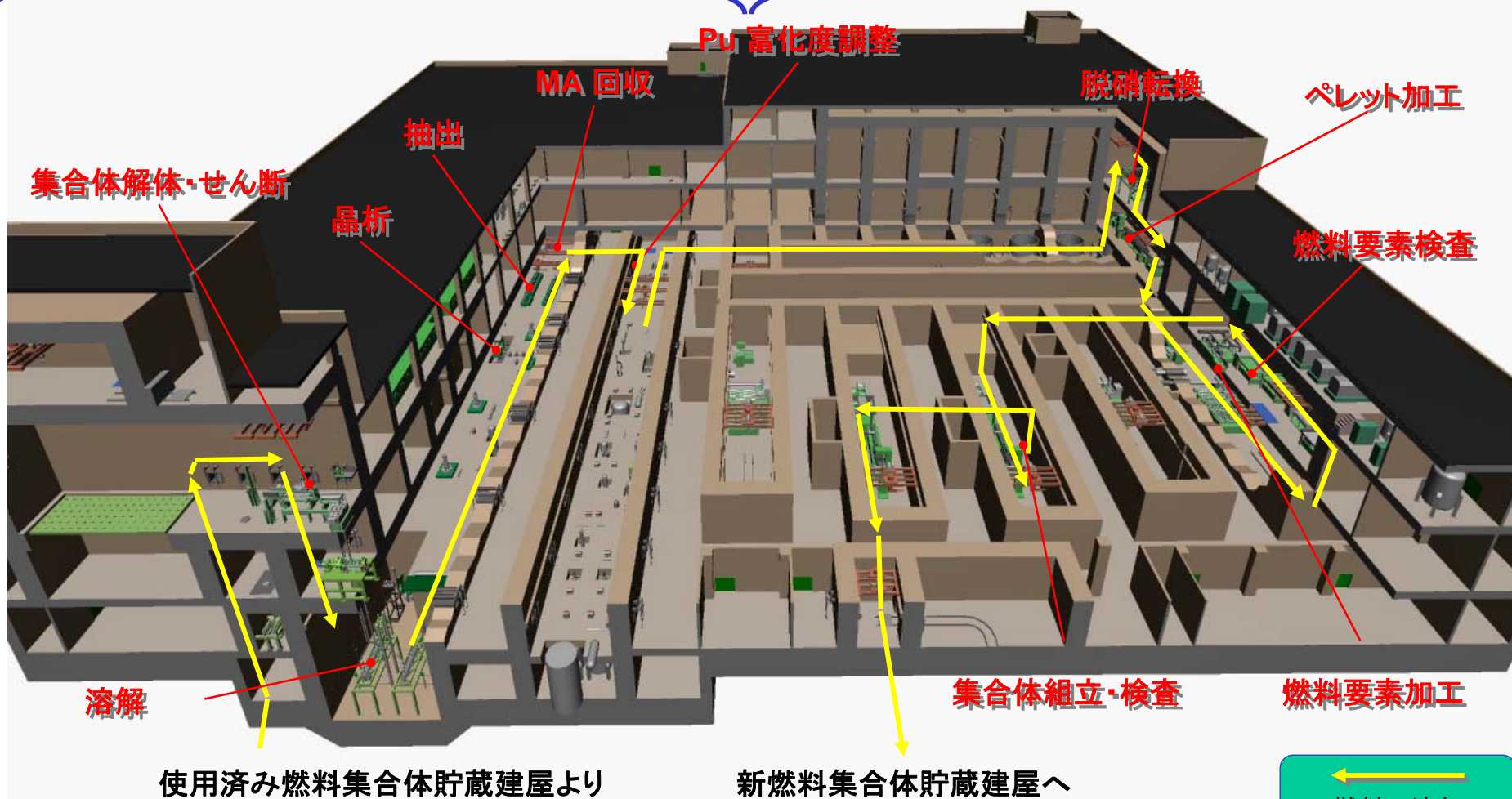
—処理規模200t/yの燃料サイクルプラントの概念図—



燃料サイクルプラントの外観

再処理

燃料製造





再処理工学規模ホット試験施設

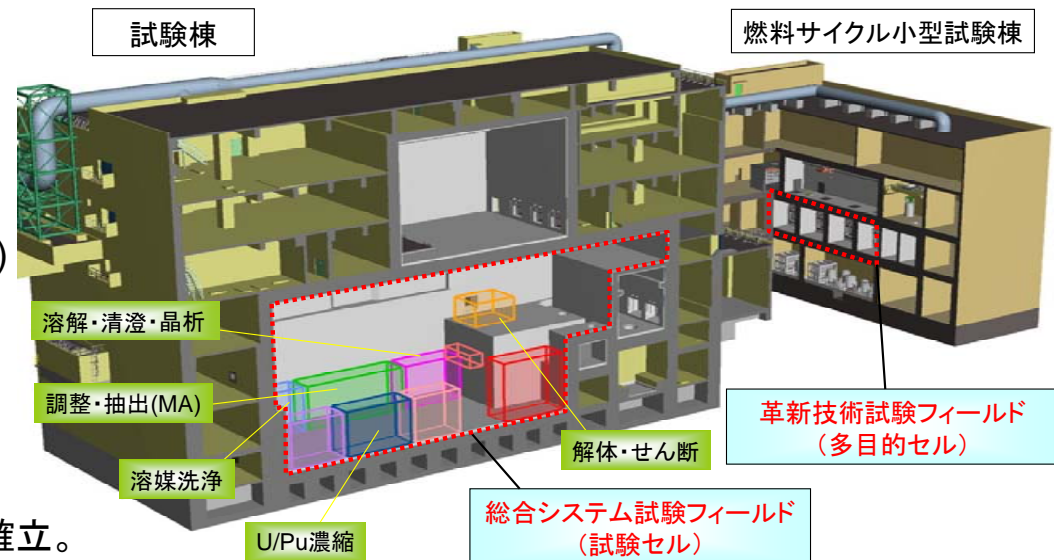
再処理に関して、先進湿式再処理法の革新技術及び総合システムに関する工学規模での試験を2015年から実施する。そのために、試験施設の基本設計、安全審査、詳細設計、建設を実施する。ホット試験では、先進湿式法の革新技術やシステム、プラントに関する性能や運転、保守に関する実証データを順次提示して、実証燃料サイクル施設の設計に反映する。

(役割)

- 実験室規模(~0.1kg/h)より核物質取扱量を増やし、革新技術(晶析、抽出クロマト等)について設備単位でのホット試験(革新技術ホット試験)を行い、装置挙動や製作性を考慮した最小限の工学規模での性能データを把握する。
- 解体・せん断から溶解、抽出等の一連の先進湿式再処理プロセス全体をシステムとして連結したホット試験(総合システムホット実証試験)を行い、実用化に向けた実証データを把握するとともに、技術確立を目指す。

(研究開発実施内容(案))

- 革新技術ホット試験(1kg/h程度の機器能力)
 - 晶析設備のR&D
 - MA回収用抽出クロマトグラフィー設備のR&D
 - その他革新技術に関するR&D
- 総合システムホット実証試験(10kg/h程度機器能力)
 - 解体・せん断から抽出等、一連の先進湿式プロセスの工学規模における総合システムを実証。
 - 機器、設備の運転経験、プロセス制御性等のプラント運用技術に関する知見や開発目標達成を見通すための評価データの取得、および技術の確立。
 - MA燃料の原料供給
 - 試験により得られるMA(Np、Am、Cm)を回収し、燃料製造工学規模ホット試験施設へ供給。



【再処理工学規模ホット試験施設の概念】



燃料製造工学規模ホット試験施設

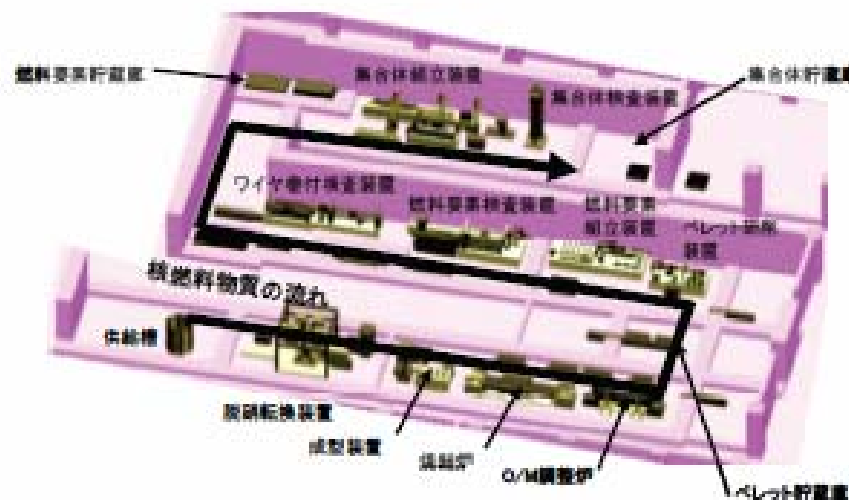
燃料製造に関して、TRU燃料を扱う簡素化ペレット法の自動燃料製造システムや遠隔保守・補修に関して2020年頃から工学規模で試験を実施する。そのために、セル構造を主とした試験施設の概念設計、基本設計を実施する。

(役割)

- 低除染TRU燃料を対象とした製造設備の自動操作性及び遠隔保守補修性の実証
- 低除染TRU試験燃料集合体の製造(1t HM/年程度)

(研究開発実施内容(案))

- 低除染TRU燃料によるセル内遠隔製造の実証
 - 遠隔対応製造設備の実証
 - 保守・補修技術の実証
 - 新たな検査技術を用いた品質管理の実証
 - 発熱影響の確認



ホット工学試験設備(セル構造設備)配置概念の一例



設計研究に関する2010年の成果

1. 採用する各革新技術の決定

要素技術開発において実施するホット試験による原理の確認やワールド試験による工学規模へのスケールアップ見通しの確認などの成果を基に、実用燃料サイクル施設に適用する革新技術の成立性を見極める。具体的には、革新技術を含む設備設計を実施して、設計要求への適合の可否を判断する。なお、代替技術等についても比較評価し、その適用性を検討する。

- 運転管理方法(運転手順、制御などを含む)
- 安全設計(溶媒、試薬の物性データなどを含む)
- 保守、補修方法(遠隔ハンドリング技術の適用などを含む)
- 設計要求への適合と代替技術等との比較評価

2. 軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの移行期の検討

移行期に必要な軽水炉再処理技術に関する検討を実施し、2010年からの国の議論にデータを提供する。

- シナリオ解析、評価
- 軽水炉再処理に関するプロセス候補概念の抽出と評価
- 高速増殖炉燃料再処理との共用の検討
- 次世代軽水炉再処理技術に関する2010年以降の研究開発計画

【革新技術】

(先進湿式再処理法)

- ✓機械式解体
- ✓短尺せん断
- ✓高効率溶解
- ✓晶析、結晶分離
- ✓U-Pu-Np共抽出
- ✓抽出クロマト
(簡素化ペレット燃料製造法)
- ✓脱硝、転換、造粒
- ✓ダイ潤滑成型
- ✓焼結、O/M調整等



設計研究に関する2015年の成果

1. 実証燃料サイクル施設(再処理+燃料製造)の概念設計

2030年頃から運開する実証燃料サイクル施設のプロセス及びプラント概念について検討する。

再処理に関しては、施設の概念設計で以下の設計情報を整備し、2015年以降に実施する基本設計に反映させる。

- プロセスフロー図（分離などの原理や造粒のプロセス条件確認などの成果を反映）
- 物質収支、放射能収支（分離などの原理や造粒のプロセス条件確認などの成果を反映）
- 主要機器仕様、機器図（機器開発、機器設計の成果を反映）
- 建屋図、機器配置図（機器の仕様、保守・補修方法の検討結果を反映）
- 主要プロセスの制御フロー図（機器の運転管理方法の検討結果を反映）
- 安全評価 など

燃料製造に関しては、プロセス開発は進むものの、主な工学規模の機器開発がそれに続く計画として
いることから、プロセスに関するフロー図や物質収支などに関して設計し、施設概念を構築する。

2. 実用燃料サイクル施設(再処理+燃料製造)の概念検討

革新技術の決定を含めてプラント全体の概念に関して検討し、2050年頃の高速増殖炉サイクル導入時期に必要な実用燃料サイクル施設の主要な設備、建屋の概念を提示する。また、ウラン粗分離技術などに関して海外の技術を含めた代替技術等との比較検討を行い、適用可能性について検討する。

- 主要なプロセス概略フロー図（分離などの原理や造粒のプロセス条件確認などの成果を反映）
- 主要物質の物質収支（分離などの原理や造粒のプロセス条件確認などの成果を反映）
- 主要機器仕様、機器概略図（機器開発の成果を反映）
- 建屋図、機器配置図（機器の仕様、保守・補修方法の検討結果を反映）
- 代替技術等の適用可能性の検討

3. 実用化までの研究開発計画の提示



再処理工学規模ホット試験施設と 東海再処理工場との研究開発等の役割分担

(参考)

当面の研究開発

東海再処理工場



- ・新型転換炉燃料(ふげん)のMOX使用済燃料に係る再処理研究開発
- ・高燃焼度燃料に係る再処理研究開発
- ・高放射性廃液のガラス固化処理技術開発

FBRサイクル確立を目指した研究開発【主な関連施設】

