

FBR 新型燃料評価研究 第2ステップ計画書

(燃料開発会議 新型燃料分科会)

1990年12月

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒319-11 茨城県那珂郡東海村大字村松4-33

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所 技術開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section, Tokai Works, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation, 4-33 O-aza-Muramatsu, Tokai-mura, Naka, Ibaraki-ken, 319-11, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

1990年12月

新型燃料開発第2ステップ計画書 (燃料開発会議 新型燃料分科会)

燃料開発会議

新型燃料分科会

要 旨

新型燃料開発は、平成2年3月末をもって第1ステップを終了し、FBR新型燃料評価研究報告書(第1ステップ)(PNC ZN8410 90-075)をまとめた。第2ステップは、対象を窒化物、金属燃料に絞り、平成2年4月より平成5年3月迄の3年間の計画で研究開発を進め、平成3年度後半及び平成4年度末にそれぞれ中間チェック・アンド・レビュー及び第2ステップのまとめを実施する。

本計画書は、

- (1) 炉心設計・安全研究
- (2) 照射試験
- (3) 照射挙動
- (4) 転換
- (5) 燃料製造
- (6) 再処理
- (7) 廃棄物
- (8) 経済性、安全性、実現性の各総合評価

の各研究テーマ毎の研究開発実施計画を新型燃料分科会においてとりまとめたものである。

燃料開発会議 新型燃料分科会

目 次

1. はじめに	1
2. 第2ステップ計画の概要	1
3. 第2ステップ研究開発計画	13
3.1 大洗工学センター 技術開発部 プラント工学室	13
3.2 大洗工学センター 燃料材料開発部 燃料材料技術開発室	17
3.3 大洗工学センター 実験炉部 照射課	20
3.4 東海事業所 技術開発推進部 炉心・燃料設計室	23
3.5 東海事業所 核燃料技術開発部 転換技術開発室	26
3.6 東海事業所 核燃料技術開発部 プルトニウム燃料開発室	29
3.7 人形峠事業所 環境資源開発部 転換技術開発課	34
3.8 東海事業所 再処理技術開発部 プラント設計開発室	37
3.9 東海事業所 環境技術開発部 環境技術第一開発室	41
3.10 大洗工学センター 技術開発部 新型炉サイクル解析室	45
付録. 新型燃料分科会委員名簿	48

1. はじめに

新型燃料（金属，炭化物，窒化物）の研究開発は，MOX燃料に主力を注ぎつつFBR開発のより広範な展開を図る先端的基盤技術開発として，「新型燃料を用いたFBRの研究開発基本計画」（昭和62年8月動力炉幹部会・核燃料幹部会）の下に開発がスタートし，平成元年度末に第1ステップが終了し，その成果として「FBR新型燃料評価研究報告書（第1ステップ）」がまとめられた。

第1ステップの評価においては，酸化物燃料に代わり得る燃料として窒化物燃料，次いで金属燃料が有望である，という結論が得られた。さらに，第2ステップ（平成2年4月～平成5年3月）は，研究開発対象を窒化物燃料及び金属燃料とし，図1に示す研究開発スケジュールに基づいて，窒化物燃料に重点を置き研究開発を進めることとなった。

2. 第2ステップ計画の概要

第2ステップでは，第1ステップでの評価をさらに内容的に詰めるとともに定量性を増し，実用化への見通しを詰めることを目的に開発，評価検討を行う。進め方に関しては，平成3年度後半に中間C&Rを実施し，平成4年度末に第2ステップのまとめを実施する。

(1) 窒化物燃料

窒化物燃料に関する第2ステップの研究開発内容は，炉心設計・安全評価に関しては最適化炉心（安全性向上炉心）の設計及びプラントの概念設計，炉心安全性評価，照射試験に関しては動燃・原研共同研究による照射試験，動燃独自の照射試験のための「常陽」の設置変更，照射挙動に関しては燃料のPCMI挙動評価，燃料製造に関しては照射燃料製造ラインの整備， ^{15}N 濃縮技術評価，再処理に関しては再処理プラントの概念構築・評価，廃棄物に関しては ^{14}C 処理技術の選定・評価を中心に実施する。窒化物燃料に関する研究開発内容及びスケジュールを表1及び図2に示す。

中間C&Rは，最適化炉心設計及びその経済性，安全性評価，PCMI挙動評価の中間結果，照射燃料製造ライン設計， ^{15}N 濃縮事業の成立性評価，再処理プラント概念及び成立性評価， ^{14}C 処理技術の選定結果の項目を中心にまとめ上げ，窒化物燃料の評価を行う。

第2ステップのまとめは，最適化炉心プラント設計及びその経済性，安全性評価，PCMI挙動評価結果，照射燃料製造ラインの製作， ^{15}N 濃縮コスト評価，再処理プラントのコスト評価を中心に窒化物燃料炉心及び燃料サイクルの総合評価を実施する。

(2) 金属燃料

金属燃料に関する第2ステップの研究開発内容は、炉心設計・安全評価に関しては出力規模も考慮した最適化炉心の設計及び安全性評価。金属転換に関してはDORプロセスによる金属転換基礎試験。再処理に関しては熔融塩電解精製基礎試験、乾式再処理プラントのエンジニアリング技術の調査検討。廃棄物に関しては塩廃棄物処理技術の検討を中心に実施する。金属燃料に関する研究開発内容及びスケジュールを表2及び図3に示す。

中間C&Rは、最適化炉心設計及び安全性評価、DORプロセスの技術的評価、熔融塩電解精製基礎試験結果及び熔融塩電解精製装置設計、乾式再処理プラントの成立性評価、塩廃棄物処理技術の選定結果の項目を中心にまとめる。

第2ステップのまとめは、最適化炉心設計及びその経済性、安全性評価。DORプロセスの経済性、安全性、実現性評価。熔融塩電解精製法の経済性、安全性、実現性評価、乾式再処理プラントの実現性評価。塩廃棄物処理技術の評価を中心に金属燃料炉心及びサイクルの総合評価を実施する。

図1 新型燃料の研究開発スケジュール

項目	年度																
	昭和61	62	63	平成1	2	3	4	5	6	7	8	9					
	第1ステップ				第2ステップ				第3ステップ								
全体計画	調査・設計				コールド試験 評価 許認可				コールド試験 照射試験の準備				照射試験・PIE 実用化見通し評価				
燃料製造	調査・設計				金属U転換 炭素熱還元(MN) モックアップ製造試験等				金属Ce(Puの模擬)との転換(DOR法) 窒化物燃料製造ラインの整備				燃料製造試験 燃料ピン製造				
燃料照射	調査・設計				許認可・照射準備				照射試験(MN, MC)・PIE				照射試験 PNC MN				
燃料挙動	調査				解析コードの整備 予備評価(共晶等)				PNC TN8020 91-003				原研との共研 評価検討 詳細評価				
再処理	調査・設計				電解精製特性評価 全プロセス評価 試験等準備				熔融塩電解精製基礎試験(金属) 概念検討, 設計, コスト評価				U未照射燃料を用いた試験(窒化物)				
廃棄物	調査				プロセス評価				塩廃棄物処理技術法の検討 ¹⁴ C O ₂ 捕集技術調査				工 学 試 験				
炉心・安全性評価 (FBR設計研究の一部)	調査				解析コード整備 パラメータ サーベイ 評価				最適炉心評価				最適炉心評価				
経済性評価	調査				データベースの 整備予備評価				経済性評価				詳細評価				

		炉心概念について検討する。 ② ①で検討された窒化物安全性向上炉心について、その炉心特性を酸化燃料炉心、金属燃料炉心等と比較評価する。	
	(2)炉物理		(2) 窒化物燃料のFCAによる炉物理実験の立ち上げ(現状では未定)
プラント工	(1)安全性評価	(1) 窒化物炉心におけるULOF及びUTOP事象に着目し、ナトリウムボイド反応度、ドップラー反応度、制御棒誤引抜による投入反応度、線出力等をパラメータとした過渡解析を実施し上記パラメータの目標範囲を明らかにする。	(1) 窒化物最適炉心に対して、ATWS事象を中心とした安全性評価を実施する。
ADS、照	(1)動燃・原研共同研究 (2)動燃独自の照射試験 (3)「常陽」設置変更	(1)① 動燃側の実施責任者として、動燃内部及び原研との調整を図りながら、照射燃料ピンの詳細設計を支援する。 ② 照射用リグ(B9)の基本設計(流動特性試験、強度評価等含む)を行う。また、第1ステップで開発したコードを用い、実機形状による核・熱予備設計を行い、目標線出力、被覆管温度達成のためのPu富化度、U濃縮度、冷却材流量の検討を行う。 (2) 東海・プル開室における窒化物燃料の製造計画と整合性をとりながら、「常陽」による動燃独自の照射試験基本計画の作成を行う。 (3)① 設置変更用データの整備を継続する。 ② 設置変更ロジック及び取得範囲の検討を行う。	(1)① 動燃側の実施責任者として、動燃内部及び原研との調整を図りながら、照射燃料ピンの詳細設計を支援する。 ② 照射用リグ(B9)の詳細設計及び炭・窒化物燃料ピンの核・熱詳細設計を行い、B9の設工認を行う。 (2) 平成2年度に作成した動燃独自の窒化物燃料に関する照射試験基本計画をもとに、燃料仕様の検討及び燃料ピン設計の支援を実施する。 (3) 「常陽」設置変更(その14)の申請を行い、許可を取得する。
ADS)	(1)新型燃料挙動解析コードの開発	(1) 有限要素法の基づく窒化物燃料挙動解析コード(AVENUE)の整備を行う。	(2) 窒化物燃料挙動解析コードの整備を行い、挙動解析コードによりFCMI挙動の解析を実施する。
燃料設計 炉燃室)	(1)新型燃料設計コードの開発 (2)新型燃料照射試験の設計評価	(1)① 公開文献等を基にコード検証用データを、燃料仕様、照射条件、照射後試験結果の観点から整理する ② ①で整理した照射試験データによる設計コードの検証を実施し、コードの適用範囲、問題点を明確にするとともに妥当性を確認する。 (2) 動燃・原研共同研究の照射試験燃料ピンの設計評価(燃料中心温度、応力・歪、PCMI)を実施し、「常陽」設置変更許可申請の支援を行う。	(1) PCMI挙動に着目して、コードのバージョンアップを実施する。 (2)① 動燃・原研共同研究の照射試験燃料ピンの詳細設計を実施する。 ② 平成2年度に作成した動燃独自の窒化物燃料に関する照射試験基本計画をもとに、燃料仕様の検討及び燃料ピンの設計を実施する。
燃料製造 プル開室)	(1)窒化物照射燃料製造ラインの整備 (2) ¹⁵ N濃縮技術の検討 (3)物性試験 (4)分析技術開発	(1)① 窒化物照射燃料製造ラインの基本設計を行う。 ② 窒化物照射燃料製造ラインの整備のための許認可作業を行う。 PNC TN8020 91-003 (3) 燃料クリープ試験設備の設計を行う。 (4) N/M分析法及び不純物酸素分析法の検討を行う。	(1)① 窒化物照射燃料製造ラインの整備のための許認可作業を行う。 ② 窒化物照射燃料製造上の課題の抽出を行う。 ③ 窒化物照射燃料製造ラインの製作、据付、試運転を行う。 (2) ¹⁵ N濃縮技術の調査・検討を行い、産業としての成立性及びコスト評価を行う。 (3)① 燃料クリープ試験設備の製作、据付を行う。 ② 熱拡散率測定装置の設計、製作を行う。 (4) N/M分析法及び不純物酸素分析法の試験を行う。
EDS)	(1)窒化物燃料再処理プロセスの調査検討	(1)① 窒化物燃料溶解時のアンモニウムイオンの生成及び分解挙動に関する文献調査を行う。 ② 抽出工程でのアンモニウムイオンの挙動に関して文献調査を行う。 ③ ナトリウムボンド材の除去プロセスの調査・検討を行い、候補プロセスを数種に絞り込みを行う。 ④ 窒化物燃料再処理プラントの概念検討を行う。	(1)① 窒化物燃料溶解時のアンモニウムイオンの生成及び分解挙動に関する文献調査を継続する。 ② 抽出工程でのアンモニウムイオンの挙動に関して文献調査を継続する。 ③ ナトリウムボンド材の除去プロセスの選定及び機器の概念設計を行う。 ④ 窒化物燃料再処理プラントの概念検討、概念設計を行い、プラント成立性の評価を行う。 ⑤ 窒化物燃料再処理コストの評価を行う。
HTS)	(1)窒化物燃料サイクル廃棄物処理技術評価	(1)① ¹²⁹ I及びNO _x 除去等を考慮した ¹⁴ CO ₂ 捕集技術に関する調査研究を実施し、検討・評価する。 ② ¹⁴ C炭酸塩を結晶構造内に組み込ませ、緻密にする新概念 ¹⁴ C固定化法として、トバモライトを利用した方法の適用性について検討・評価する。 ③ ¹⁴ C同位体分離法について調査研究を行い、研究課題を抽出する。 ④ ¹⁵ N同位体分離法について調査研究を行い、研究課題を抽出する。	(1)① ¹²⁹ I及びNO _x 除去等を考慮した ¹⁴ CO ₂ 捕集技術に関する調査研究を継続し、オフガス処理システムの概念を確立する。 ② ¹⁴ C炭酸塩を結晶構造内に組み込ませ、緻密にする新概念 ¹⁴ C固定化法として、トバモライトを利用した方法の適用性について検討・評価を継続する。 ③ ¹⁴ C同位体分離法について調査研究を継続し、研究課題を抽出する。 ④ ¹⁵ N同位体分離法について調査研究を継続し、研究課題を抽出する。 ⑤ 窒化物燃料サイクル廃棄物処理プロセスに適用可能な ¹⁴ C処理技術の評価・選定を行う。
安全性、実 総合評価 新型炉サイ	(1)経済性総合評価 (2)安全性評価	(1) 窒化物燃料の特長を生かした最適な炉心・燃料設計において、終了した設計に対して経済性評価を進める (2) 窒化物燃料の特長を生かした最適な炉心・燃料設計において、終了した設計に対して安全性評価を進める	(1) 窒化物燃料の特長を生かした最適な炉心と燃料サイクルを対象に酸化燃料を基準として経済性評価を行う。 (2) 窒化物燃料の特長を生かした最適な炉心と燃料サイ

	(2)炉物理	(2) F C Aによる金属燃料炉心の炉物理実験の継続。	(2) F C Aによる金属燃料炉心の炉物理実験の継続(平成3年度末完了予定)。
プラント工	(1)安全性評価		(1) 金属炉心に対するA T W S事象, 局所事故評価を実施し, 酸化燃料及び窒化物燃料との評価を実施する。
転換室)	(1)D O Rプロセスによる金属転換試験 (2)P u 金属転換試験	(1)① Ce試験を通して, 装置上の問題点, 改良項目の検討及び試料の混合比, 反応温度・時間, 攪拌条件による回収率・回収形態の検討を行う。 ② 人形・転開課のBomb method との比較試験を行う	(1)① Ce試験を継続し, 混合転換, 溶剤CaCl ₂ 及びCaOスラグのリサイクル法の検討を行う。 ② U試験を実施し, D O Rプロセスの経済性, 安全性, 実現性評価を行う。 (2) P u 金属転換試験機的设计検討を行う。
DS, 人 1)	(1)熔融塩電解精製技術を用いた乾式再処理法基礎試験 (2)乾式リサイクルプラントの運転操作に関するエンジニアリングの調査検討	(1) 熔融塩電解精製基礎試験装置を用いた金属Uの熔融塩電解精製基礎試験を実施し, カドミウム中へのウラン及びF P溶解度の検討, ウラン, プルトニウム及びT R U回収条件の検討を行う。 (2) 乾式リサイクルプラントに関する自動遠隔操作システム及び自動メンテナンス技術, 計量管理システム, 高温融体自動サンプラー及びサンプリングシステム, 高温冶金プロセスにおける材料技術について, 文献による調査・検討を行う	(1)① 塩化物生成自由エネルギーの差を利用したF Pの群分離の可能性について検討を行う。 ② 熔融塩電解精製においてウランの溶媒として使用するカドミウムの回収, 再精製, リサイクル法についての検討を行う。 ③ 電解精製により折出した金属ウラン中に巻き込まれる塩の分離法についての検討を行う。 (2) 乾式リサイクルプラントに関する自動遠隔操作システム及び自動メンテナンス技術, 計量管理システム, 高温融体自動サンプラー及びサンプリングシステム, 高温冶金プロセスにおける材料技術について, 文献による調査・検討を継続する。
T S)	(1)金属燃料サイクル廃棄物処理技術評価	(1)① 塩廃棄物のガラス固化に適した転換法(ホウ酸法等)に関する基礎試験及び二次廃棄物の処理法等の検討を行う。 ② 塩廃棄物のガラス固化以外の処理法(セメント固化, ソルゲル法等)に関する可能性の検討を行う	(1)① 塩廃棄物のガラス固化に適した転換法(ホウ酸法等)に関する基礎試験及び二次廃棄物の処理法等の検討を継続する。 ② 塩廃棄物のガラス固化以外の処理法(セメント固化, ソルゲル法等)に関する可能性の検討を継続する。 ③ 金属燃料サイクル廃棄物処理プロセスに適用可能な塩廃棄物処理技術の評価・選定を行う。
安全性, 実 合評価 型炉サイ	(1)経済性総合評価 (2)安全性評価 (3)実現性, 社会性総合評価	(1) 金属燃料の特長を生かした最適な炉心・燃料設計において, 終了した設計に対して経済性評価を進める。 (2) 金属燃料の特長を生かした最適な炉心・燃料設計において, 終了した設計に対して安全性評価を進める。 (3) 金属燃料の特長を生かした最適な炉心・燃料設計において, 終了した設計に対して実現性評価を進める。	(1) 金属燃料の特長を生かした最適な炉心と燃料サイクルを対象に酸化燃料を基準として経済性評価を行う (2) 金属燃料の特長を生かした最適な炉心と燃料サイクルを対象に酸化燃料を基準として安全性評価を行う (3) 金属燃料の特長を生かした最適な炉心と燃料サイクルを対象に酸化燃料を基準として実現性, 社会性評価を行う。





▲ 中間C & R ▲ 第2ステップ終了

3. 第2ステップ研究開発計画

各課室毎の研究開発内容及びスケジュールは以下の通りである。

3.1 大洗工学センター 技術開発部 プラント工学室

(1) 研究テーマ

新型燃料を用いた最適化炉心の設計研究

(2) 目的

第1ステップの成果を受け、窒化物燃料と金属燃料を対象としそれらの特長を生かした炉心設計を実施することにより、経済性及び安全性の観点から、将来の燃料開発に対する提言への基礎資料に資する。

(3) 研究内容

① 設計研究

窒化物及び金属燃料の特長を生かし、経済性及び安全性が優れた炉心燃料、システムの設計研究を行う。

② 臨界実験による炉物理研究

FCAを用いた臨界実験を通して、金属燃料炉心の炉物理特性を把握する（平成元年度からの継続）。また、窒化物燃料についても同様の実験計画について検討する。

③ 安全性評価

窒化物及び金属燃料のATWS、局所事故等の評価を行う。

④ 燃料照射

「常陽」を用いて炭化物及び窒化物燃料の照射を行い、その挙動を把握する（動燃・原研の共同研究）。

(4) 第1ステップ実施内容

① 100万kW_e基準炉心の検討

100万kW_eクラスの炉心を対象とし、金属燃料、窒化物燃料、炭化物燃料の各炉心に関する以下の基本特性を酸化物燃料炉心と比較し評価を行った。

- ・炉心特性
- ・燃料健全性
- ・安全性（ATWS評価）

② 150万kW_e高性能炉心の検討

FBR実用化段階における150万kWクラスの高燃焼度炉心を想定した金属燃料及び窒化物燃料炉心について、その特性を評価した。

(5) 平成2年度実施内容

① 概要

平成元年度までの第1ステップにおける新型燃料の設計研究により、新型燃料の炉心特性を比較評価し、炉心特性上は窒化物燃料及び金属燃料が優れた特性を有することが明らかとなった。また、窒化物燃料と金属燃料は、設計の工夫により安全性の向上を図り得る可能性を有していることを指摘した。

以上の結果を受け、第2ステップでは窒化物及び金属燃料の特長を生かし、経済性及び安全性の優れた炉心、燃料、システム等の設計研究を実施する計画である。この基本的な計画に則し、平成2年度においては窒化物燃料を対象とし、炉心性能を損なうことなく炉心の安全性を追求した炉心設計研究を実施する。

② 研究内容

窒化物安全性向上炉心の研究

(a) 安全特性のサーベイ

安全性向上の目標概念を明確にするために、ATWS事象のうちULOF及びUTOP事象に着目し、ナトリウムボイド反応度、ドップラー反応度、制御棒誤引抜による投入反応度、線出力等をパラメータとした過渡解析を実施し、安全性に関する要求条件に対する上気パラメータの目標範囲を明らかにする。

(b) 安全性向上炉心のサーベイ

(a)で検討したナトリウムボイド反応度、ドップラー反応度等の目標範囲に対し、それを達成する炉心概念について検討する。特にナトリウムボイド反応度低減に重点を置き、窒化物燃料の安全性向上を積極的に図った炉心概念を明らかにする。

(c) 安全性向上炉心の特性評価

(a)、(b)で検討された窒化物安全性向上炉心について、その炉心特性を酸化物燃料炉心、金属燃料炉心等と比較し評価する。

(6) 平成3、4年度計画

① 最適化設計研究の継続

平成2年度における窒化物燃料炉心の検討結果を踏まえ、さらにシステムを含

めた概念設計を行う。また、金属燃料炉心についても、出力規模を含め最適化の検討を行う。

② F C Aによる臨界実験の継続

金属燃料炉心の炉物理実験の継続（平成3年度末、完了予定）。

窒化物燃料のF C Aによる炉物理実験の立上げ（現状では未定）。

③ 安全性評価

主に金属燃料に対する局所事故評価を実施し、酸化物燃料及び窒化物燃料との比較を行う。

④ 燃料照射

炭化物・窒化物燃料照射のための設置変更、工認を経て、照射燃料の製作、組立てを開始する。

(7) チェック・アンド・レビュー項目及び内容

平成3年度末に以下の項目についての中間チェック・アンド・レビューを行う。

① 最適化炉心の経済性及び安全性比較

窒化物燃料と金属燃料について、その出力規模も含めた最適化設計に対し、経済性及び安全性の観点から比較評価を行う。安全性については、A T W S 事象と局所事故に関する検討結果から比較評価する。

② 臨界実験の評価

金属燃料に対するF C A臨界実験結果より、金属燃料の炉心特性評価結果を見直す。

(8) スケジュール

項 目	年 度		
	1990 (H2)	1991 (H3)	1992 (H4)
(1) 設計研究 窒化物及び金属燃料の特長を生かし、経済性及び安全性が優れた炉心燃料、システムの設計研究を行う。	最適設計 (I)	最適設計 (II)	概念設計 (I)
(2) 炉物理 金属燃料炉心の炉物理実験により特性を評価する。	FCAを用いた臨界実験 (金属燃料炉心)		臨界実験計画検討 (窒化物燃料炉心)
(3) 安全性評価 窒化物及び金属燃料のATWS、局所事故等の評価を行う。	ATWS評価	局所事故評価	局所事故評価
(4) 燃料照射 (常陽) 炭・窒化物燃料の照射挙動把握 (動燃・原研共同研究)		設置変更	工認 製作、組立

中間チェック・アンド・レビュー

3.2 大洗工学センター 燃料材料開発部 燃料材料技術開発室（ADS）

(1) 研究テーマ

新型燃料に関する動燃独自の照射試験及び原研との共同研究を推進する。また、「新型燃料挙動解析コード」の開発を行う。

(2) 目的

照射試験による新型燃料の照射挙動の把握と健全性評価及び「新型燃料挙動解析コード」の開発による主としてFCMI挙動の解析を目的とする。

(3) 研究内容

① 新型燃料に関する照射試験準備

原研との共研に続く、新型燃料に関する動燃独自の照射試験の準備を行う。

② 原研共研の推進

平成元年度から実施している原研との炭・窒化物燃料の基礎照射試験に関する共同研究について、動燃側の実施責任者として動燃内部及び原研との調整を図りながら、照射燃料ピンの詳細設計を進める。

③ 新型燃料挙動解析コードの開発

新型燃料の照射挙動を解析するための計算コードを整備する。

(4) 第1ステップ実施内容

① 金属燃料の炉外評価試験

金属燃料の成立性評価を行う上で制限因子となる共晶反応挙動を評価するため、昭和63年度及び平成元年度において、九州大学への委託研究として炉外での共晶反応試験を実施した。

② 原研共研

高速炉用炭・窒化物燃料の開発に資することを目的とし、平成元年度から原研との共同研究を開始し、下記の4項目について検討を行った。

i. 燃料仕様の検討及び燃料ピンの基本設計

ii. 照射試験条件の検討

iii. 窒化物燃料を中心に燃料設計及び新型燃料挙動解析コードの開発に必要な物性値に関する文献調査

iv. 照射リグの検討

(5) 平成2年度実施内容

① 動燃独自の新型燃料照射試験基本計画の作成

東海事業所Pu燃料開発室における新型燃料の製造計画と整合性をとりながら、「常陽」による動燃独自の照射試験基本計画の作成を行う。

② 原研共研の推進

動燃側の実施責任者として、動燃内部及び原研の調整を図りながら、照射燃料ピンの詳細設計を支援する。

③ 「常陽」許認可作業支援

照射課が実施している平成3年度の「常陽」設置変更許可申請（その14）の準備作業の支援を行う。燃料ピンの主要仕様の決定にあたっては、原研共研に加え、動燃独自の照射試験も考慮した枠を提示する。

④ 新型燃料挙動解析コードの開発

有限要素法に基づく新型燃料挙動解析コードの整備を行う。

(6) 平成3, 4年度計画

① 動燃独自の照射試験に関する燃料仕様の検討及び燃料ピン設計支援

平成2年度に作成した動燃独自の新型燃料に関する照射試験基本計画をもとに、燃料仕様の検討及び燃料ピン設計の支援を行う。

② 原研との共同研究

動燃側の実施責任者として、動燃内部及び原研の調整を図りながら、照射燃料ピンの詳細設計を進める。

③ 新型燃料挙動解析コードの開発

F C M I 挙動の解析を行う。

(7) C & R項目及び内容

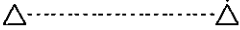

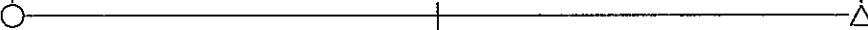
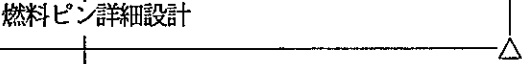
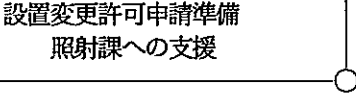

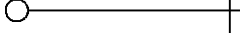
① 照射試験

動燃独自の照射試験に関する照射燃料ピン本数、燃料仕様、スケジュール等について、Pu燃料開発室での燃料製造計画、「常陽」照射計画との整合性を再確認するとともに、新型燃料照射に係わる「常陽」許認可取得のC & Rを行う。

② 新型燃料挙動解析コードの開発

F C M I 解析機能の妥当性を確認する。

(8) スケジュール

項 目	平成 2 年度	平成 3 年度	平成 4 年度
中間C&Rの実施時期		中間 C&R 	
① 動燃独自の新型燃料照射試験基本計画の作成	照射計画作成 		
② 動燃独自の照射試験に関する燃料仕様の検討及び燃料ピン設計支援		燃料仕様検討・燃料ピン設計支援 	
③ 原研との共同研究の推進		燃料ピン詳細設計 	
④ 「常陽」許認可作業支援	設置変更許可申請準備 照射課への支援 		
⑤ 新型燃料挙動解析コードの開発	コードの整備 	FCMI 挙動解析 	

3.3 大洗工学センター 実験炉部 照射課

(1) テーマ

「常陽」での炭・窒化物燃料照射のため、「常陽」設置変更申請・許可及び設工認申請・認可取得を行う。また炭・窒化物燃料照射用リグの開発を継続して行う。

(2) 目的

「常陽」で炭・窒化物燃料の照射試験を実施するため。

(3) 内容

① 設置変更

「常陽」設置変更（その14）として、炭・窒化物燃料（V型特殊燃料要素）の追加を行う。

② 原研共研

原研共研炭・窒化物燃料照射用リグ（B9）の設計を終了させ、設置変更許可取得後、設工認を行い製作を開始する。

(4) 第1ステップ実施内容

① 設置変更

設置変更用データの整備及び従来の核・熱設計用コードを基に炭・窒化物、太径ピン用の核・熱設計用コードの開発を行った。

② 原研共研

照射用リグ（B9）の概念設計を行うとともに、燃料ピンの核・熱予備設計を行った。

(5) 平成2年度実施内容

① 設置変更

設置変更用データの整備を継続するとともに、設置変更ロジック及び取得範囲の検討を行った。

② 原研共研

第1ステップの結果を基に照射用リグ（B9）の基本設計（流動特性試験、強度評価等含む）を行った。また第1ステップで開発したコードを用い、実機形状による核・熱予備設計を行い、目標線出力、被覆管温度達成のためのPu富化度、U濃縮度、冷却材流量の検討を行った。

(6) 平成3, 4年度計画

① 設置変更

炭・窒化物燃料照射のため、「常陽」設置変更(その14)の申請を行い、許可を取得する。

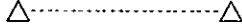
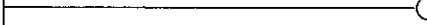
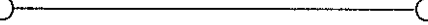
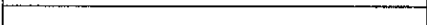



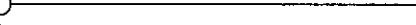
② 原研共研

平成2年度に実施した照射用リグ(B9)の基本設計を基に詳細設計及び炭、窒化物燃料ピンの核・熱詳細設計を行う。この結果を基に設置変更許可取得後、B9の設工認を行う。

(7) チェック・アンド・レビュー項目及び内容

平成3年度末：設置変更の進捗状況

(8) スケジュール

項 目	平成 2 年 度	平成 3 年 度	平成 4 年 度
中間C&Rの実施時期		中間 C&R 	
① 「常陽」設置変更(その14)	設置変更許可申請準備 	「常陽」設置その14 	
② 原研との共同研究	燃料ピン 詳細設計 	照射用リグ(B9)基本設計 	照射用リグ(B9)詳細設計  B9 設工認  B9 製作 

3.4 東海事業所 技術開発推進部 炉心・燃料設計室

(1) 研究テーマ

新型燃料に関する動燃独自の照射試験及び原研との共同研究による照射試験の燃料設計を実施する。また、新型燃料設計コードの開発を行う。

(2) 目的

新型燃料照射試験のための燃料設計評価を目的とする。

(3) 研究内容

① 動燃独自の照射試験

動燃独自の新型燃料照射試験のための「常陽」設置変更支援及び燃料ピン設計評価を行う。

② 原研共研照射試験

平成元年度から実施している原研との炭・窒化物燃料の基礎照射試験のための燃料ピン設計評価を行う。

③ 新型燃料設計コードの開発

新型燃料設計コードを開発整備する。

(4) 第1ステップ実施内容

① 新型燃料の燃料健全性を評価するために、酸化物を対象として開発された燃料設計コードを基にして、炭化物、窒化物、金属燃料用の燃料設計コードを開発した。

② 開発を進めているコードを用いて、新型燃料の照射下での燃料挙動を予測し、新型燃料とMOX燃料の挙動を比較評価した。

(5) 平成2年度実施内容

① 新型燃料設計コードの開発

新型燃料の照射試験の燃料設計評価のための、燃料設計コードの開発を進める。

(a) 新型燃料設計コードの検証用データ（照射試験結果）の収集

公開文献（例えば、モントレイ会議）等を基に検証用データを以下の観点で整理する。

- ・燃料仕様の整理
- ・照射条件の整理
- ・照射後試験結果の整理

(b) 新型燃料設計コードの検証

整理した照射試験データによる設計コードの検証を実施し、開発したコードの適用範囲や問題点を明確にするとともにその妥当性を確認する。

検証可能と考えられる項目は以下の通りである。

- ・外径増加
- ・FPガス放出率

② 新型燃料照射試験の設計評価

高速炉用炭・窒化物燃料の基礎照射試験を原研との共同研究で実施する計画となっている。このため、当室では燃料ピンの設計評価を実施し、当該燃料の「常陽」照射のための許認可作業の助勢を行う。

具体的設計評価項目としては、以下のものを考えている。

- ・燃料中心温度評価
- ・応力、歪評価
- ・PCMI評価

③ 新型燃料炉心設計技術開発

新型燃料炉心設計技術の開発業務に関し大洗プラント工学室を支援する。

(6) 平成3, 4年度計画

① 動燃独自の照射試験に関する燃料仕様の検討及び燃料ピン設計

動燃独自の新型燃料に関する照射試験基本計画をもとに、燃料仕様の検討及び燃料ピン設計を行う。

② 原研との共同研究

原研との共同研究で実施する照射燃料ピンの詳細設計を行う。

③ 新型燃料設計コードの開発

PCMI挙動に着目してコードのバージョンアップを図る。

(7) C&R項目及び内容

① 動燃独自の新型燃料照射に係わる「常陽」許認可取得及び設計評価のC&Rを行う。また、原研共研照射試験の燃料ピン設計評価のC&Rを行う。

② 新型燃料設計コードの開発

PCMI評価手法の妥当性を確認する。

(8) スケジュール

項 目	平成 2 年 度	平成 3 年 度	平成 4 年 度
(1) 新型燃料設計コードの開発 ① 新型燃料設計コードの検証用データ (照射試験結果) の収集 ② 新型燃料設計コードの検証 ③ 新型燃料設計コードの整備	検証用データ整理 ○——○	設計コード検証 ○——○	燃料設計コード整備 (PCMI 挙動) ○——○
	○——○	「常陽」設置変更支援 ○——○	設工認 ○——○
		原研共研燃料ピン詳細設計 ○——○	動燃照射燃料ピン設計 ○——○
(3) 新型燃料炉心設計技術開発	○——○	炉 心 設 計 技 術 開 発 の 支 援 ○——○	○——○

3.5 東海事業所 核燃料技術開発部 転換技術開発室

(1) 研究テーマ

金属転換試験

(2) 目的

金属燃料に関する基礎技術の一つとして、金属転換法の検討を行い、Pu・U金属転換に関する技術的な知見を得ることを目的とする。

(3) 研究内容

Pu・U金属転換法の検討をPuと挙動が類似しているCeの金属転換試験により行う。試験方法としては、酸化物から直接還元するDOR processを用い、有効な還元回収が行えるための試験条件・手順・装置制御方法を検討し、本試験方法及び本装置のもつ問題点等の摘出・整理を行う。同時に、スラグのリサイクル技術についても調査検討を行う。

また、Ce試験の結果を受けて、DOR法によるU試験を行う。

(4) 第1ステップ実施内容

Puの金属転換法について、弗化物還元法と酸化物直接還元法について文献調査・検討を行い、技術的な困難さは多少有るものの、安全性の面からDOR法が有利との知見を得た。そこで、DOR process用金属転換試験装置（Ce/U試験用）を設計製作し、平成2年4月末製作を完了した。

(5) 平成2年度実施内容

① DOR法による開発計画

本年度はCe試験を通じて、以下の項目について検討を進めていく予定である。

- ・試験手順，操作方法等の検討
- ・装置上の問題点の整理，改良項目の検討
- ・試料の混合比による，金属の回収率・回収形態の検討
- ・反応温度，時間による金属の回収率・回収形態の検討
- ・攪拌条件による，金属の回収率・回収形態の検討

② Bomb method との比較試験

装置：テルミット反応炉（人形峠事業所転開課）

試験：CaによるCeF₄の金属転換試験

(6) 平成3, 4年度計画

① Puの模擬物質CeO₂を用いてDOR法によるCe試験

- ・混合転換についての検討
- ・溶剤CaCl₂及びCeOスラグのリサイクル法の検討

② Ce試験の結果を受けてのDOR法によるU試験

コールド試験装置の設計・製作・試験の結果をもとに、G/BOX内に設置する場合の問題点、改良項目の整理を行い、U試験用G/BOXを設置し、DOR法によるU試験を行う。

③ Pu金属転換試験の設計検討

Ce試験・U試験の結果を受けて、Pu金属転換試験機の場合のG/BOX内での仕様、問題点等の整理・検討を行う。

(7) チェック・アンド・レビュー項目及び内容

① 平成2年度末

- ・安全性の評価
- ・DOR法金属転換装置における性能上、操作上、メンテナンス上の問題点の抽出
- ・試料の取扱法、前処理手順による金属の回収率・回収形態
- ・加熱・冷却条件、攪拌条件による金属の回収率・回収形態の検討
- ・試料の混合比による、金属の回収率・回収形態の検討

② 平成3年度以降

- ・廃棄物処理・低減化の検討
- ・溶剤CaCl₂、及びCaOスラグのリサイクル法の検討
- ・不純物混入に関する検討
- ・U試験結果検討

(8) スケジュール

項 目	H. 1年度	H. 2年度	H. 3年度	H. 4年度
DOR process による金属転換試験	製 作	Ce試験	据 付 ・ U 試 験	
Bomb method による比較試験		Ce試験		
Pu金属転換試験			概 念 検 討	
チェック&レビュー				

3.6 東海事業所 核燃料技術開発部 プルトニウム燃料開発室

(1)-1 研究テーマ

窒化物燃料製造試験

(2)-1 目的

窒化物照射燃料製造ラインを整備し、製造試験を実施する。これによって窒化物の製造方法を確立し、得られた窒化物ペレット・粉末等を物性測定、再処理等のR & D及び照射試験に供する。

(3)-1 研究内容

- ① 工学的な窒化物燃料製造試験を実施するために、Pu第1開発室R-130室設備を撤去し、不活性雰囲気グローブボックス及び燃料製造設備の整備を行う。
- ② R-134室の設備を撤去し、熱設計に必要な熱拡散率測定装置の設計・製作・据付と、比熱測定装置の設計及びPCMI評価のための燃料クリープ速度測定設備の整備を行う。
- ③ 窒化物の品質を調べるために、既存の設備を用いたN/M分析法及び不純物酸素分析法の確立を図る。
- ④ 国内外の新型燃料に関する物性データ、燃料製造技術及び分析技術について、第1ステップに引き続いて調査・検討を進める。

(4)-1 第1ステップ実施内容

- ① 炭素熱還元反応を用い、酸化物の窒化物転換試験を実施した。得られた窒化物の純度は、分析方法が確立していないため確認していないが、還元のために添加する炭素の残留量が数千ppmと多く、これが障害となりペレットの試作は成功しなかった。
- ② 窒化物粉末の酸化特性を調べたが、空気中における酸化は緩慢であった。

(5)-1 平成2年度実施内容

- ① 窒化物照射燃料製造ラインの基本設計を行う。
- ② 製造ライン整備のため、Pu第1開発室R-130室の撤去に係る変更申請を行う。
- ③ 燃料クリープ試験装置の設計を行う。
- ④ N/M分析法及び不純物酸素分析法の検討に着手する。

(6)-1 平成3, 4年度計画

- ① Pu第1開発室R-130室の撤去工事を実施し、その後に窒化物燃料製造ライン(グローブボックス)を新設する。また、これに伴う許認可業務を行う。
- ② 窒化物燃料製造上の課題の摘出を行う。
- ③ 物性試験用設備の整備を継続する。
- ④ N/M分析法及び不純物酸素分析法の試験を実施する。

(7)-1 チェック・アンド・レビュー項目及び内容

平成3年度末：窒化物照射燃料製造ラインの設計書

(8)-1 スケジュール

年度 項目	平成2年度	平成3年度	平成4年度
照射燃料製造 ライン整備	<p>変更申請</p> <p>基本設計</p>	<p>R-130撤去</p> <p>発注</p> <p>グローブボックス新設</p>	<p>納期</p>
物性試験用設備	<p>熱クリープ試験装置整備 設計</p>	<p>製作・据付</p> <p>熱拡散率測定装置整備 設計</p>	<p>設計</p>
分析方法整備	<p>N/M及び不純物酸素分析方法の検討</p>		

(1)-2 研究テーマ

^{15}N 濃縮技術

(2)-2 目的

窒化物燃料の最大の問題点は、天然のNを用いて製造を行った窒化物燃料を照射すると、(n, p)反応により ^{14}C を生成することである。これを回避するには、 ^{15}N を濃縮して窒化物燃料製造すればよい。本テーマでは ^{15}N 濃縮を導入した場合、濃縮事業が成立するかどうかを評価する。

(3)-2 研究内容

^{15}N を使用した場合の濃縮コストを評価し、 ^{15}N 濃縮事業の成立性を決定する。そこで、 ^{15}N 濃縮事業を国内で産業化することの成立性、産業時のコスト評価を実施する。

(4)-2 第一ステップ実施内容

- ① ^{15}N 濃縮方法について文献調査を実施した。
- ② 年間600kgの ^{15}N の需要(1000MWe級FBRの炉心を全て窒化物に置換した場合の需要量)があった場合、分離コストが幾らになるかを日本酸素(株)に試算させた。結果は、330円/g- ^{15}N であった。

(5)-2 平成2年度実施内容

なし

(6)-2 平成3, 4年度実施内容

- ① 化学交換法等による ^{15}N 濃縮事業が国内において産業化できるかどうかの評価を実施する。
- ② ①で成立の見通しが得られた場合の ^{15}N 濃縮コストの評価を実施する。

(7)-2 チェック・アンド・レビュー項目及び内容

平成3年度末： ^{15}N 濃縮事業成立性評価

(8)-2 スケジュール

年度 項目	平成2年度	平成3年度	平成4年度
¹⁵ N濃縮 事業成立性評価		○	○
¹⁵ N濃縮 コスト評価			○

3.7 人形峠事業所 環境資源開発部 転換技術開発課

(1) 研究テーマ

溶融塩電解精製技術を用いた乾式再処理基礎試験

(2) 目的

溶解塩電解精製に関する技術開発を行い、FBR用燃料として使用した金属燃料の再処理技術の確立を図る。

(3) 研究内容

本基礎試験では、転換技術開発課にて製作した装置を利用して、金属ウランの溶融塩電解精製基礎試験を実施し、溶融塩電解精製法が、金属燃料再処理法として有効であるか否かを実証すると共にスケールアップ時の基礎データを取得する。また、この研究開発を通して革新的な新しいステップを検討する。

(4) 第1ステップ実施内容

本基礎試験にて使用する溶融塩電解精製基礎試験装置の設計及び製作を行うとともに、溶融塩電解精製技術を用いた乾式再処理法に関する文献検索を実施した。

(5) 平成2年度実施内容

溶融塩電解精製の技術開発については、以下のような検討項目が考えられるが、平成2年度の基礎試験では主として④及び⑥について検討を実施していく。

- ① 乾式再処理プロセスの検討
- ② 溶融塩電解精製装置の検討
- ③ 装置等材質の検討
- ④ カドミウム中へのウラン及びFP溶解度の検討
- ⑤ 最適電解浴の検討
- ⑥ ウラン、プルトニウム及びTRU回収条件の検討
- ⑦ FP群分離の可能性の検討
- ⑧ カドミウム回収法の検討
- ⑨ 塩分離法の検討
- ⑩ 上記①～⑨の結果より実証化ステップでの問題点と解決策を検討。

(6) 平成3、4年度計画

上記「(5)平成2年度実施内容」の項目の中、主として、⑦、⑧及び⑨を中心に実施する予定である。即ち、

⑦ F P群分離の可能性の検討

塩化物生成自由エネルギーの差を利用したF Pの群分離の可能性について検討を行う。

⑧ カドミウム回収法の検討

熔融塩電解精製にてウランの溶媒として使用するカドミウムの回収、再精製、リサイクル法についての検討を行う。

⑨ 塩分離法の検討

電解精製にて析出した金属ウラン中に巻き込まれる塩の分離法についての検討を行う。

(7) チェック・アンド・レビュー項目及び内容

① 装置仕様

装置の構造、形状、材質、計測機器類等が熔融塩電解精製に有効であるか否かを、ウラン回収率、他元素との分離性、取得できたデータ等により解析を行い、装置の大型化に反映させる。

② 運転条件

電解浴の種類及び温度、電流及び電圧の大きさ、最適雰囲気、ウラン回収率、他元素との分離性等のデータを取得することにより最適熔融塩電解精製条件の解析を行い、装置の大型化に反映させる。

③ F P群分離

塩化物生成自由エネルギーの差を利用したF Pの群分離の可能性について検討を行い、他の使用済み燃料（窒化物、酸化物燃料）への処理に本法を適用させる。

(8) スケジュール

項 目	元年度	2 年 度				3 年 度		4 年 度	
		1/4	2/4	3/4	4/4				
装置仕様及び 製作メーカーの決定	—								
装置の製作及び設置		—	—						
①カドミウム溶融試験 ②ウラン等溶解試験 ③最適電解浴の検討 ④ウラン回収条件の検討 ⑤結果のまとめ及び補足 試験				—	—				
①F P 群分離の可能性の 検討 (含共同研究) ②カドミウム回収法の検討 ③塩分離法の検討						—	—		
									▼ C & R

3.8 東海事業所 再処理技術開発部 プラント設計開発室

(1)-1 研究テーマ

窒化物燃料再処理プロセスの調査検討

(2)-1 目的

窒化物燃料の溶解時における窒素化合物の挙動及び抽出工程におけるそれらの挙動に関する調査検討、更に、ボンド材としてナトリウムを使用した燃料に対応できる再処理プロセス（ナトリウム除去工程を持つ再処理プロセス）についての調査検討を行い、課題点を整理する。

(3)-1 研究内容

窒化物燃料再処理については、PUREX法を大幅な改造を必要とせずに適応できるものと考えられる。しかし詳細なプロセス検討を行うためには、溶解時の窒素化合物の生成挙動及び抽出工程での挙動等を明確にしておく必要がある。更に、ボンド材としてナトリウムを使用した燃料に対応できる再処理プロセスについて調査検討をする必要がある。従って、以下の項目について調査検討を行うこととする。

- ・アンモニウムイオンの生成及び分解挙動
- ・アンモニウムイオンの抽出工程での挙動
- ・ナトリウム除去プロセス

(4)-1 第1ステップ実施内容

第1ステップでは、 ^{14}C 除去プロセスの調査を行い、希ガス除去設備において、モレキュラシーブに一時的に吸着した CO_2 を加熱し、固体吸着材に固定するプロセスについて検討した。

(5)-1 平成2年度実施内容

窒化物燃料の溶解、抽出に関しては文献調査、ナトリウム除去については一般工業界における知見を収集し、候補となる数種のプロセスに絞り込みを行う。

(6)-1 平成3, 4年度実施内容

窒化物燃料の溶解、抽出に関しては文献調査の継続、ナトリウム除去については遠隔性等を考慮してプロセスの選定及び使用機器のイメージを得る。

(7)-1 チェック・アンド・レビュー項目及び内容

チェック・アンド・レビューを中間（平成3年度末）及び最終（平成4年度末）の2点に設定し、以下のような項目及び内容により行うものとする。

① 中間点

- ・プラント成立性評価

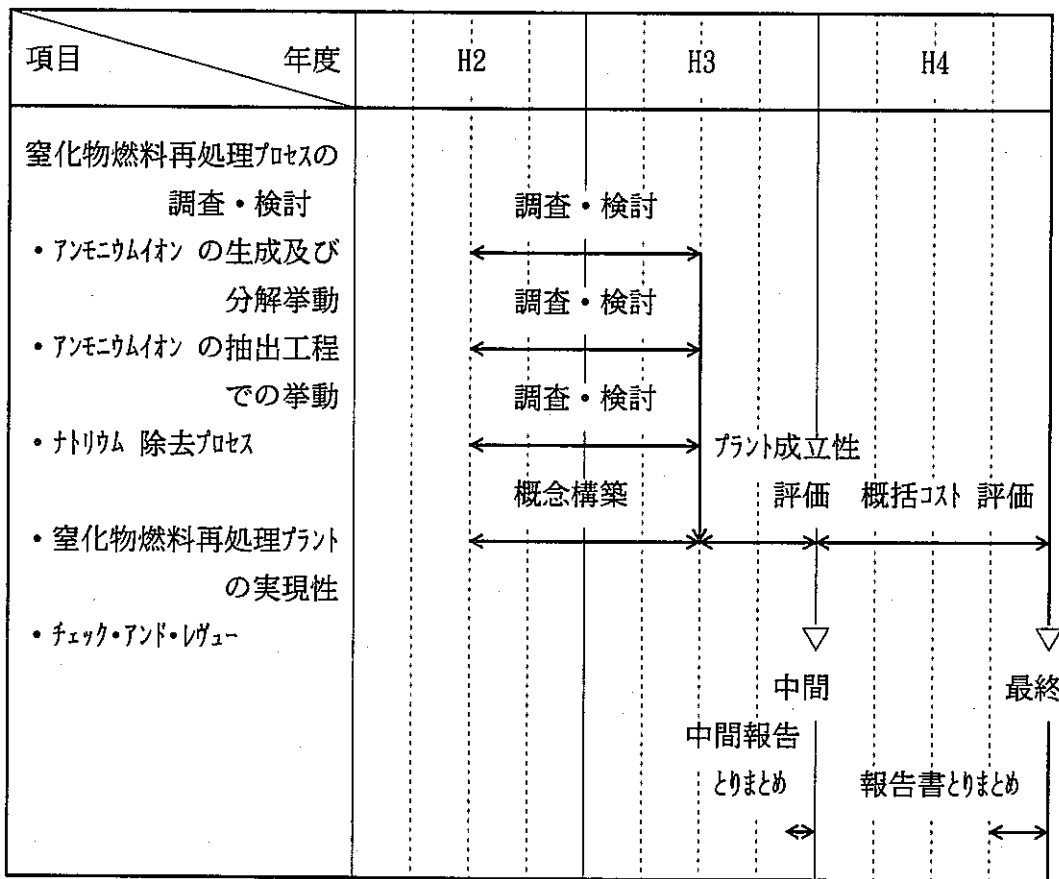
文献調査の結果及び一般工業界のナトリウム除去プロセスの情報により構築したプラントの概念に対し、遠隔保守性、運転性及び安全性等の観点から成立性を評価する。

② 最終点

- ・概括コスト評価

中間点の評価に対し、更に、概括コストを求め、経済性の評価を行うものとする。

(8)-1 スケジュール



(1)-2 研究テーマ

乾式リサイクルプラントの運転操業に関するエンジニアリングの調査検討

(2)-2 目的

高温冶金法によるリサイクルプラントの運転に係わる技術を調査し、実現性の評価を行う。

(3)-2 研究内容

高温冶金法によるリサイクルプラントの経験及び運転操業に関するエンジニアリングの蓄積が無いため、実現性評価を行うにあたり、以下について調査検討を行う。

- ・自動遠隔操業システム及び自動メンテナンス技術
- ・計量管理システム
- ・高温融体自動サンプラー及びサンプリングシステム
- ・高温冶金プロセスにおける材料技術

(4)-2 第1ステップ実施内容

金属燃料再処理プラント概念の構築、概括コスト評価及び工学的課題の抽出を行った。

(5)-2 平成2年度実施内容

乾式リサイクルプラントに関して、上記研究内容の項目について、国内外の知見を調査する。

(6)-2 平成3, 4年度実施内容

平成2年度実施内容を継続して実施する。

(7)-2 チェック・アンド・レビュー項目及び内容

チェック・アンド・レビューを中間（平成3年度末）及び最終（平成4年度末）の2点に設定し、以下のような項目及び内容により行うものとする。

① 中間点

- ・実現性評価

第1ステップ実施内容に対し、第2ステップ中間段階で得た情報を加味して、実現性評価を行う。

② 最終点

- ・実現性評価及び概括コスト評価

中間段階での評価に対し、更に、精度を上げる。また、経済性評価を行うため、第1ステップで実施したものを基に、概括コスト評価を行う。

(8)-2 スケジュール

項目 \ 年度	H2	H3	H4
乾式リサイクルプラントの運転 操業に関するエンジニアリングの 調査検討		調査・検討	
・自動遠隔操業システム及び 自動メンテナンス技術	←	調査・検討	→
・計量管理システム	←	調査・検討	→
・高温融体自動サンプラ 及びサンプリングシステム	←	調査・検討	→
・高温冶金プロセスにおける 材料技術	←	調査・検討	→
・チェック・アンド・レグユー			
		▽ 中間	▽ 最終
		中間報告 とりまとめ	報告書とりまとめ
		⇔	←

3.9 東海事業所 環境技術開発部 環境技術第一開発室

(1)-1 研究テーマ

窒化物燃料サイクル廃棄物処理技術評価

(2)-1 目的

窒化物燃料サイクルから発生する ^{14}C について、その処理技術とともに、 ^{14}C の生成を防止するための ^{15}N 同位体分離技術に関する検討・評価を行う。

(3)-1 研究内容

^{14}C は燃料溶解工程において $^{14}\text{CO}_2$ となることから、これらの捕集、固化および ^{14}C 同位体分離技術について検討を行うとともに、 ^{15}N 同位体分離技術についても研究評価を行う。

(4)-1 第1ステップ実施内容

窒化物燃料サイクルにおいて発生する ^{14}C について、その発生量、処理技術等に関する調査研究を行った。その結果、 ^{14}C は $^{14}\text{CO}_2$ としてオフガス工程に移行することから、現状技術を適用した場合の処理プロセスを検討・評価した。 $^{14}\text{CO}_2$ は、最初にモレキュラシーブ等で吸着後、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 等により固定化し、最終的にセメント固化する方法が考えられる。しかし、この場合廃棄物が多量に発生することから、よりコンパクトで緻密な固化法の開発が必要であり且つ、廃棄物の絶対量を削減するための ^{14}C 同位体分離の重要性についても明らかとなった。

(5)-1 平成2年度実施内容

第1ステップにおける検討・評価結果をもとに、より詳細な ^{14}C の処理技術評価を目的に、以下の基礎試験および調査研究を実施する。

① ^{129}I および NO_x 除去法との整合性を持った $^{14}\text{CO}_2$ 捕集技術の検討

^{129}I 及び NO_x 除去等を考慮した $^{14}\text{CO}_2$ 捕集技術について、オフガス処理システムの概念の確立を目的に検討・評価を実施する。

② 新概念による $^{14}\text{CO}_2$ 固定・固化技術の検討

コンパクトで安全性の高い固化体とするには、セメント固化のように単に炭酸塩を非晶質なマトリックスに混入し固めるのではなく、炭酸塩を結晶構造内に組み込ませ、且つ緻密にする方法が考えられる。その代表的なものとしてトバモライトのような結晶性ケイ酸カルシウムを利用する新たな概念に基づく方法の $^{14}\text{CO}_2$ 固定化への適用性について検討・評価する。

③ ^{14}C 同位体分離法に関する調査研究

$^{14}\text{CO}_2$ を含む CO_2 の全量回収は、廃棄物量が増大することから、 ^{14}C の同位体分離が必要である。そのため、 ^{14}C 同位体分離法について調査研究を行い、それらの技術に対する研究課題を抽出する。

④ ^{15}N 同位体分離法に関する調査研究

一方、窒化物燃料を製造する際に、天然窒素(^{14}N)ではなく、濃縮した ^{15}N を使用できれば ^{14}C の生成を減少できる。そのため、 ^{15}N 同位体分離法についても調査研究を行い、それらの技術に対する研究課題を抽出する。

(6)-1 平成3, 4年度計画

2年度における研究項目について、調査研究および基礎試験を継続し、窒化物燃料サイクル廃棄物処理プロセスに適用可能な ^{14}C 処理技術の評価・選定を進める。

(7)-1 チェック・アンド・レビュー項目及び内容

平成3年度末を目途に、技術開発の実現性等の観点から ^{14}C の処理技術に関する評価・選定を行う。

(8)-1 スケジュール

項目 \ 年度	平成2年度	3	4
$^{14}\text{CO}_2$ 捕集技術および ^{14}C , ^{15}N 同位体分離技術○	調査研究および基礎試験		
$^{14}\text{CO}_2$ の固定・固化技術○	調査研究および基礎試験		
C & R			▼

(1)-2 研究テーマ

金属燃料サイクル廃棄物処理技術評価

(2)-2 目的

金属燃料サイクルから発生する塩廃棄物等について、その処理技術を検討・評価する。

(3)-2 研究内容

塩廃棄物を直接ガラス固化することが現状では非常に難しいため、ガラス固化に至る前処理技術、二次廃棄物の処理技術等について検討するとともに、ガラス固化以外の処理法についても研究評価を行う。

(4)-2 第1ステップ実施内容

金属燃料サイクルにおいて特有な廃棄物である使用済Cdと塩廃棄物を対象に、それらの処理技術に関する調査研究を行った。その結果、使用済Cdについては、分離特性等の詳細評価が必要であるものの、蒸溜精製法により処理可能であることが明らかとなった。また、塩廃棄物については最終的な処理方法として、ガラス固化を行う場合、その前処理として酸化物への転換法に関して、より詳細な検討・評価を行う必要性が明確となった。

(5)-2 平成2年度実施内容

第1ステップにおける検討結果から、より詳細な検討・評価が必要な、塩廃棄物の処理法について以下の調査研究および基礎試験を行う。

- ① ガラス固化に適した転換法に関する基礎試験および二次廃棄物の処理法等の検討（ホウ酸法等）
- ② ガラス固化以外の処理法に関する可能性の検討（セメント固化、ゾル・ゲル法等）

(6)-2 平成3, 4年度計画

2年度における研究項目の調査研究および基礎試験を継続し、金属燃料サイクル廃棄物処理プロセスに適用可能な塩廃棄物処理技術の評価・選定を進める。

(7)-2 チェック・アンド・レビュー項目および内容

平成3年度末を目途に技術開発の実現性等の観点から、塩廃棄物等の処理技術に関する評価・選定を行う。

(8)-2 スケジュール

項目 \ 年度	平成2年度	3	4
塩廃棄物等の処理技術		調査研究および基礎試験	
C & R			▼

3.10 大洗工学センター 技術開発部 新型炉サイクル解析室

(1) 研究テーマ

経済性、安全性、実現性の各総合評価

(2) 目的

第1ステップ（～平成元年度）において、経済性、安全性、実現性及び社会性の観点から総合評価を定性的（一部定量的）にまとめ、酸化物燃料と新型燃料を比較しチェック・アンド・レビューを行い、今後の新型燃料開発の方向性を提案した。

今後、第2ステップ以降（平成2年度～）においては、最適な炉心・燃料設計や精確な燃料サイクル工程の評価結果を基に総合評価をより定量的に実施し、実用化への見通しと確認を得る。

(3) 研究内容

① 経済性総合評価

原子炉の建設・運転費、燃料サイクルコスト及びこれらを総合した発電コストにおいて経済性評価を実施し、これを基に酸化物燃料を基準として実用化時点で経済的ポテンシャルの比較・検討を行う。経済性評価にあたっては、各関連部署が炉心・燃料設計や各サイクル施設の設計に基づいて定量的に評価した、炉建設費や核燃料サイクル単価（成型加工費、再処理費等）を踏まえて、核燃料サイクルコスト及び発電コストの計算・評価を実施する。また、経済性評価の観点から今後の技術開発の方向性を示唆すべく感度分析評価を行う。

② 安全性総合評価

安全性総合評価は原子炉とサイクル施設の両面から行う。各関連部署で定量的に評価した炉心及び施設の安全性評価の結果を踏まえ、酸化物燃料を基準として新型燃料の炉心及び各サイクル施設の安全性の比較・検討を行う。

③ 実現性総合評価

実現性総合評価においては、社会的及び技術的な課題についての検討を行う。社会的課題の評価においてはPAや核不拡散等の項目を取り上げ、国内外に与えるインパクトについて評価する。一方、技術的課題の評価においては各関連部署で実施するR&D項目の抽出、分類を基に、新型燃料実用化までの難易度について検討を行い技術的な見通しをつける。

(4) 第1ステップ実施内容

経済性評価については、100万kWe及び150万kWeの炉心設計に基づき、原子炉の建設・運転費の定量的な評価を実施し、酸化燃料との比較を行った。また、サイクル単価についても定量的な評価を行い、特に、金属燃料の乾式再処理及び成型加工の工程についてはイメージ設計段階ではあるが定量的な評価を実施した。

安全性評価については、原子炉とサイクル施設の両方を対象に評価を実施した。原子炉においては100万kWeの炉心設計を対象にATWS事象の比較・検討を行った。

実現性評価では、社会的課題（PA、核不拡散、エネルギーセキュリティ、廃棄物、立地問題）及び技術的課題（難易度、期間、費用）について評価を行った。

以上の第1ステップの評価の結果、今後の新型燃料開発の対象として窒化物燃料及び金属燃料に的を絞ることを提案した。

(5) 平成2年度実施内容

第2ステップでは、各新型燃料（窒化物燃料、金属燃料）の特徴を生かした最適な炉心・燃料設計を基に総合評価を進めるが、平成2年度においては、順次終了した設計を対象に経済性、安全性、実現性評価を進める。

(6) 平成3、4年度計画

平成3、4年度では、さらに窒化物燃料と金属燃料の特徴を生かした最適な炉心と燃料サイクルを対象に経済性、安全性、実現性評価を進め、最終的に総合評価としてまとめる。平成3年度のチェック・アンド・レビューにおいては、酸化燃料を基準とした比較・検討を行い、窒化物燃料と金属燃料の優劣をつける。

(7) チェック・アンド・レビュー項目及び内容

①経済性（炉の建設・運転費、サイクルコスト、発電コスト）、②安全性（原子炉、サイクル施設）、③実現性（原子炉、サイクル試験）、④社会性（PA、核不拡散、エネルギーセキュリティ等）の4項目について、各新型燃料の特徴を生かした最適な炉心と燃料サイクルを対象に酸化燃料を基準として比較・検討を行い、その優劣をつける。

(8) スケジュール

項目 \ 年度	平成元年度	平成 2 年度	平成 3 年度	平成 4 年度
全体スケジュール	← 第 1 ステップ →		← 第 2 ステップ →	
		△ C & R		△ C & R
1. 経済性総合評価	100, 150万kWe 炉心(窒, 金, 炭)		最適炉心対象 (窒, 金)	
2. 安全性総合評価	100, 150万kWe 炉心(窒, 金, 炭)		最適炉心対象 (窒, 金)	
3. 実現性, 社会性 総合評価	100, 150万kWe 炉心(窒, 金, 炭)		最適炉心対象 (窒, 金)	

付録. 新型燃料分科会委員名簿

本 社

企画部	藤 田 研究員
動力炉技術開発部 技術開発室	永 井 副主研
核燃料サイクル技術開発部 プルトニウム燃料開発室	谷 室 長 (～第5回)
	木村 担当役 (～第5回)
	佐藤 主 査
再処理技術開発室	市村 担当役
	板 橋 副主研

人形峠事業所

環境資源開発部 転換技術開発課	音村 担当役 (～第5回)
	天 本 主 査
	高 信 研究員

東海事業所

技術開発推進部 研究開発調整室	明 珍 主 査
	朝 倉 副主研

炉心燃料設計室	中 江 室 代 (～第7回)
	伊藤 副主研 (～第7回)
	山口 研究員
	古田土 研究員

核燃料技術開発部 プルトニウム燃料開発室	三 島 室 長 (～第5回)
	長 井 室 長 (第6回～)
	山 口 主 査 (第7回～)
	遠 藤 副主研 (～第6回)
	高 橋 副主研
	森 平 室 員

転換技術開発室	大 内 室 長 (～第6回)
	鈴 木 副主研 (～第6回)
	佐々木 室 員

再処理技術開発部	松 本 担当役
プラント設計開発室	小 沢 主 査 (～第5回)
	小 卷 主 査 (第6回～)
	日 野 研究員 (第6回～)
	北 島 室 員 (第6回～)

環境技術開発部 環境技術第一開発室	五十嵐 主 査
	小 林 研究員

環境技術第二開発室	林 研究員
-----------	-------

地層処分開発室	宮 原 副主研 (～第5回)
	亀 井 研究員 (第7回～)

大洗工学センター

技術開発部 プラント工学室

小 泉 上席囑託

若 林 担当役
大久保 副主研
原 研究員 (～第5回)

新型炉サイクル解析室

森 室 長
小 野 研究員

燃料材料開発部 燃料材料技術開発室

鹿 倉 室 長
鶴 飼 副主研
平 井 研究員
井 上 研究員

照射燃料試験室

桑 島 研究員 (～第5回)
吉 持 研究員 (第6回～)

実験炉部 照射課

水 谷 担当役 (～第7回)
北 村 研究員

安全工学部 原子炉工学室

犬 飼 研究員

新型燃料分科会事務局

主 査 東海)核燃料技術開発部プルトニウム燃料開発室

三 島 室 長 (～第5回)
長 井 室 長 (第6回～)

事務局 東海)核燃料技術開発部プルトニウム燃料開発室

遠 藤 副主研 (～第6回)
高 橋 副主研 (第7回～)