

平成14年度研究開発課題評価(中間評価)報告書

評価課題 「ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発」

2003年7月

核燃料サイクル開発機構
研究開発課題評価委員会
(高速炉・燃料サイクル課題評価委員会)

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

電話：029-282-1122（代表）

ファックス：029-282-7980

電子メール：jserv@jnc.go.jp

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Technical Cooperation Section,

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184

Japan

©核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

2003

平成14年度研究開発課題評価（中間評価）報告書
評価課題「ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発」

核燃料サイクル開発機構
研究開発課題評価委員会
(高速炉・燃料サイクル課題評価委員会)

要 旨

核燃料サイクル開発機構(以下、「サイクル機構」という。)は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」(平成13年11月28日内閣総理大臣決定)及び「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」(平成14年6月20日文部科学大臣決定)、並びにサイクル機構の「研究開発外部評価規程」(平成10年10月1日制定)等に基づき、「ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発」に関する中間評価を研究開発課題評価委員会(高速炉・燃料サイクル課題評価委員会)に諮問した。

これを受けて、高速炉・燃料サイクル課題評価委員会は、本委員会によって定めた評価方法に従い、サイクル機構から提出された課題説明資料、補足説明資料及び委員会における議論に基づき、本課題の評価を行った。

本報告書は、その評価結果をサイクル機構の関係資料とともに取りまとめたものである。

目 次

1. 概要	1
2. 高速炉・燃料サイクル課題評価委員会の構成	1
3. 審議経過	2
4. 評価方法	2
5. 評価結果（答申書）	5

参考資料（核燃料サイクル開発機構）

参考資料 1 研究開発課題の中間評価について（諮問）

参考資料 2 評価結果に対する措置

参考資料 3 課題評価委員会委員の評価意見に対する
サイクル機構の見解（補足説明資料）

参考資料 4 ロシア解体プルトニウム処分への
協力に係る技術開発（課題説明資料）

[研究開発課題説明資料(本文)]

[用語の説明]

[研究開発課題補足説明資料]

参考資料 5 ロシア解体プルトニウム処分への
協力に係る技術開発（OHP資料）

1. 概要

核燃料サイクル開発機構(以下、「サイクル機構」という。)は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」(平成13年11月28日内閣総理大臣決定)及び「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」(平成14年6月20日文部科学大臣決定)、並びにサイクル機構の「研究開発外部評価規程」(平成10年10月1日制定)等に基づき、「ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発」に関する中間評価を研究開発課題評価委員会(高速炉・燃料サイクル課題評価委員会)に諮問した。

これを受けて、高速炉・燃料サイクル課題評価委員会は、本委員会によって定めた評価方法に従い、サイクル機構から提出された課題説明資料、補足説明資料及び委員会における議論に基づき、本課題の評価を行った。

本報告書は、その評価結果をサイクル機構の関係資料とともに取りまとめたものである。

2. 高速炉・燃料サイクル課題評価委員会の構成

本委員会は、平成11年1月に設置され、関連分野の専門家を中心として、社会科学の専門家、ジャーナリスト、ユーザーなど、幅広い分野の委員から構成されている。対象課題は、国際社会の懸案事項となっている余剰核兵器の削減に関する課題であり、国際政治や核不拡散の視点も必要なことから、その分野に詳しい専門家を委員に加え、評価を行った。

委員長	岡 芳明	東京大学大学院工学系研究科附属原子力工学研究施設教授
委員	井上 正	電力中央研究所狛江研究所研究参事
	岡嶋 成晃	日本原子力研究所エネルギーシステム研究部 炉物理研究グループ主任研究員
	末次 克彦	アジア・太平洋エネルギーフォーラム代表幹事
	鈴木 潤	未来工学研究所R&D戦略研究グループリーダー
	高杉 正博	関西電力(株)原燃サイクルグループチーフマネージャー
	東嶋 和子	ジャーナリスト
	戸田 三朗	東北放射線科学センター理事
	二ノ方 壽	東京工業大学原子炉工学研究所教授
	古田 一雄	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
	松井 恒雄	名古屋大学大学院工学研究科量子工学専攻教授
	松本 史朗	埼玉大学工学部応用化学科教授
	吉井 良介	東京電力(株)原子力技術部サイクル技術センター 将来構想グループマネージャー

(本課題評価のための追加委員)

山内 康英 国際大学グローバル・コミュニケーション・センター教授

3. 審議経過

(1)第1回目の委員会開催：平成14年12月16日

- ・評価方法の決定
- ・課題内容の説明・検討

(2)第2回目の委員会開催：平成15年2月12日

- ・補足説明、質問への回答
- ・評価内容の検討

(3)評価結果(答申書)のまとめ

上記の審議結果に基づき、委員長が評価結果をまとめ、各委員の了承を得て答申書とした。

(4)答申：平成15年4月18日

4. 評価方法

以下の評価作業手順及び評価項目に従い、評価を行った。

(1)評価作業手順

1)第1回目の課題評価委員会における審議

- ①評価方法を定める。
- ②サイクル機構から課題説明資料により課題内容の説明を受け、内容を把握・検討する。なお、欠席した委員に対しては、別途、対応させる。

2)各委員の評価作業

- ①各委員は、評価に際し、課題について追加質問がある場合には、質問事項を書面で事務局に提出する。
- ②事務局は、第1回目の委員会での質問及び委員からの追加質問に対するサイクル機構の回答を委員に送付する。
- ③各委員は、課題説明資料、委員会における説明及び質問に対する回答を基に、評価項目に従って評価を行い、評価意見を書面で事務局に提出する。
- ④事務局は、委員から提出のあった評価意見を整理して、次回の課題評価委員会の検討資料を作成する。

3)第2回目の課題評価委員会における審議

- ・各委員が行った評価、サイクル機構の課題説明資料及び補足説明、委員会における討論に基づき、課題評価委員会としての評価を行う。

4)評価結果(答申書)のまとめ及び答申

- ・委員長は、上記の審議結果に基づき、委員会としての評価結果をまとめ、理事長に答申する。なお、答申書には、次項に示す各評価項目及び総合評価について、委員会としての評価結果を記述する。

5)その他

- ・評価をよりの確なものとし、また評価に対する被評価者の理解を深めるため、課題評価委員会には研究実施責任者及び担当者を出席させ、議論に参加させるものとする。

(2) 評価項目

評価項目及び評価の視点（○印）は次のとおりとする。

1)研究開発の目的・意義

- 目的・意義は明確かつ的確か。
- 重要性、緊急性が高いか。

（長期的に見て重要性が高いものか、将来に備えて今から対応しておくべき課題か、という視点を含む。）

- 社会的・経済的ニーズ、民間ニーズはあるか。
- 国の計画・方針との整合性
- サイクル機構が実施すべき課題か。
- 関連技術動向が的確に把握されているか。

2)研究開発目標

- 目標の設定・水準は適切か。
- 目的・意義達成のために十分な目標設定となっているか。
- ブレークスルーすべき点が明確か。
- 状況に応じて適切に見直しが行われているか。
- 関連技術動向が的確に反映されているか。

3)研究開発計画

- 研究開発項目の設定・内容、スケジュール、項目相互間の関連性等は具体的で妥当なものか。
- 資金計画（予算の規模・配分）は妥当であるか。
- 計画見直しの機動性(状況に応じて計画の見直しを適切に行っているか。)
- 使用する施設・設備は適切か。
- 関連技術動向が的確に反映されているか。
- 研究内容は独創性、創造性に富んだものになっているか。
- 実用化への道筋が適切に考えられているか。

4)研究実施体制

- 組織、人員・人材の配置、研究グループ間の連携、委員会の活用、運営等は妥当なものか。
- 他機関との協力・連携（国際協力を含む）は適切か。

5)研究成果

①得られた成果の内容

○達成された具体的な成果について、水準、質、意義、当該分野への寄与の程度等の評価

○計画と比較した達成度（要因分析を含む）

○費用対効果（投入した費用に見合った成果が得られているか。）

②実用化との関係

○実用化（解体プルトニウム処分）への技術的見通し

○実用化（解体プルトニウム処分）のために必要な技術開発課題は何か。

③得られた成果の普及、公開

○成果の普及・活用は期待できるか。

－わが国のFBR研究開発にも役立つか。

○当該分野への効果はあるか。

－解体プルトニウムの処分に役立つか。

－核不拡散に寄与するか。

○成果発表、特許出願・取得等の実績

○広報は積極的、効果的に行われているか。

6)今後の展開

○今後の展開、進め方等に関するコメント

(7)その他（上記項目に当てはめ難い評価意見）

(8)総合評価

○上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断

(3)評価基準

各評価項目について評価を行い、進捗状況の妥当性や、目的・目標、進め方などの見直しの必要性等を総合的に判断する。

5. 評価結果（答申書）

平成15年4月18日

核燃料サイクル開発機構
理事長 都甲 泰正 殿

研究開発課題評価委員会
（高速炉・燃料サイクル課題評価委員会）
委員長 岡 芳明

研究開発課題の評価結果について（答申）

当委員会に諮問[14 サイクル機構（企）078]のあった下記の研究開発課題
の中間評価について、その評価結果を別紙のとおり答申します。

記

研究開発課題「ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発」

以上

高速炉・燃料サイクル課題評価委員会報告書 「ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発」の 評価結果（中間評価）

冷戦終結に伴う核軍縮の進展により、米国と旧ソ連との間で戦略攻撃兵器削減条約（START-I）が締結（1994年12月発効）されたが、核兵器の解体に伴って生じる兵器級プルトニウムに対する核拡散の懸念が増大したことから、1996年4月のモスクワ原子力安全サミットで本件が提起され、ロシア解体プルトニウム（以下、「解体プル」という。）処分に対し、国際的な取り組みが本格化した。

日本には、米国から米露共同研究の高速炉（BN600）オプションへの参加の示唆、ロシアからもバイパック（振動充填）燃料技術を解体プル処分へ活用することへの協力要請があった。ロシアの国内状況の調査の結果、ロシアで開発されたバイパック燃料製造技術を用いたMOX燃料をロシアの高速炉BN600で燃焼させる構想（以下、「バイパックオプション」という。）が有望であることが分かり、また将来の研究開発のニーズに合致することから、このオプションの推進を図ることとした。

核燃料サイクル開発機構（以下、「サイクル機構」という。）は、ロシア核兵器の解体プル処分への協力として、日本が協力する中で技術開発的要素のある部分について技術開発協力を実施してきている。したがって、本課題は軍縮・核不拡散の国際的な課題であるロシア解体プル処分という国際貢献とバイパック燃料の技術開発の二面性を持つ課題といえる。

本課題については、平成11年度に事前評価を実施しており、今回は、共同研究を中心とした作業が本格化したため、これまでの成果や今後の進め方などの妥当性についての中間評価を実施した。評価結果は、以下のとおりである。

1. 研究開発の目的・意義

本課題は、米ソの冷戦時代に蓄積された軍事目的のプルトニウムの削減にサイクル機構がこれまでに蓄積した原子力平和利用技術を用いて協力し核軍縮、核不拡散に貢献するとともに、バイパック燃料製造技術やBN600の炉心・燃料設計等に係る共同研究等を通じてこれらの技術の知見獲得を図るものであり、これらをサイクル機構が進める研究開発業務に最大限活用することは、我が国の競争力ある技術開発の推進に役立つもので目的意義は明確である。

また、解体プル処分は、戦略兵器削減条約のタイムスケジュールの観点から、その緊急性、重要性は高いと考えられる。

さらに、バイパック燃料製造技術という将来の高速増殖炉（以下、「FBR」という。）サイクル実用化のための有力オプションについて、実用規模の技術開発を

わが国単独で行うよりも低コストで行うよい機会であり、わが国のFBRサイクル技術開発に対する貢献も期待できる。FBR炉心・燃料技術にとっても、近年、実機や大型装置を用いての試験データ、照射データの取得機会が減少している中、比較的 low コストでFBR実用化に有用なデータを入手するのに有効な機会であると考えられる。なお、米露間の調整やG8の資金調達の点から全体計画に遅れが生じており、バイバックオプション自体が公式の枠組みから外れる可能性も依然として存在する。現時点では、バイバックオプションの公式採用へ向けて、データや実績を蓄積するために研究開発を推進することに異存はないものの、バイバックオプション選定の可否を見据え、迅速な対応が可能となるよう、検討しておくことも必要であると考えられる。

2. 研究開発目標

解体プルをMOX燃料に転換し原子炉で燃焼させることは、技術として現実性が高いだけでなく、解体プルを燃焼により減少させ、より核拡散抵抗性のある強い放射能を含む使用済燃料に転換させることができる。バイバックオプションは既存設備を最大限利用でき、コスト及びスケジュール上有利であるのみならず、共同研究、作業及び意見交換を通して知見を得ることはサイクル機構の技術開発ニーズにも合致している。このような観点から目標設定等は適切と考える。研究開発項目が見直され、変更しているが、この変更は、研究開発の意義及び必要性、そしてコストの点から検討されており、状況に応じて適切な見直しが行なわれたと考える。ただし、処分オプション選択時、実処分段階への移行時等計画の節目に応じて、より明確に目標を再考・定義するべき部分も残されていると考える。これは高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究（以下、「実用化戦略調査研究」という。）への寄与についても同様である。

3. 研究開発計画

米国とロシアの主張や事情などを踏まえて当初の研究開発項目のうち4項目の見直しと検討追加が行われている。反射体設計、先行照射試験が除外されBN600フルMOX技術課題の整理とコストの概略評価を追加し、デモンストレーション照射を本研究とは別途検討するとしており、いずれも適切である。

個別の研究開発6項目の目標計画について述べると、①BFS-2臨界実験は我が国の高速炉核設計データベースの拡充が期待される。②3体MOXバイバック燃料製造照射試験（3体デモ照射）は本研究開発の中核であり、バイバック燃料技術の実証という目標を達成する事が期待され、この成果は実用化戦略調査研究にも生かされる事が期待できる。③フルMOXコスト評価はBN600フルMOX炉心化の技術的成立性を確認すると共にコスト面から本オプションの成立性を確認する

事を目標としている。④BN600炉心燃料設計はBN600ハイブリッド炉心のロシア許認可を支援するとともにバイパック燃料を用いた炉心設計の知見を我が国の高速炉基盤研究に反映できると期待できる。⑤BN600安全解析はロシアの許認可を支援するとともに国際コンセンサスの確立に役立つとともにその知見は基礎基盤研究に反映できると期待できる。⑥RIA R燃料製造設備の増強は、バイパック燃料製造に係わる設計、製造情報、国内R&D試験による燃料製造性や健全性の知見が得られ、実用化戦略調査研究への反映が行えると期待できる。これら6項目の計画はいずれも適切であると考えられる。資金計画は妥当であると考えられる。

今後とも研究課題計画の工程がさらに見直しを受ける可能性も考慮に入れつつも、許認可支援には日本の貢献が重要であることを認識し、サイクル機構の技術力を有効にかつ最大限活用できる計画として推進して欲しい。

4. 研究実施体制

研究開発体制は国内の関係者の英知を結集するとともにロシア側研究機関との密接な協力体制がとられており適切である。さらに先の事前評価で要望されたが外部委員会の設置も行われ、その活用が期待される。なおロシアへの人員派遣はあまり多くない。これにはロシア側の事情による制限もあろうが、バイパック燃料製造技術を中心としてもっとエキスパートの長期滞在が行われてよいのではないかと感じられる。日本の自前の関連情報も積極的に提示する事ができれば受け入れ事情や情報交換内容も異なってくるのではなかろうか。

5. 研究成果

①得られた成果の内容

一般的に、計画と比較した達成度についても、ロシア側の対応の遅れ、米国の対応そのものに不確定性が多く、一概に今回の評価で遅れを非難することはできない。計画の遅延も含め全体としてみた場合、BFS-2臨界実験、バイパック燃料3体照射データ評価、BN600ハイブリッド炉心燃料設計、安全解析など6課題について、サイクル機構側の対応はそれなりの達成度を示していると考えられる。

BFS-2臨界実験については全試験体系の試験を完了し、炉心の核設計精度に着手するなどその成果が着々と積み上げられている。

3体デモ照射試験は照射を終了し間もなく照射後試験が開始されようとしている。ロシア側許認可を支援する照射実験結果の一部が得られており評価できる。

BN600フルMOXのコスト評価はBN600フルMOX化のための課題を抽出するとともにコスト評価により本オプションの成立性を確認し、G8における日本提案に反映するところとなっている。即ちフルMOX炉心で年間1.3トンの解体プルトニウム処分の技術的可能性が確認されている。バイパック燃料の

特徴を生かした燃料製造施設の概念検討とペレット法と比較したコスト合理化の可能性の検討では建設費の試算によりその経済的優位が確認できている。ただし評価の精度については、パイバックオプションの推進の状況に応じて評価の見直しを適宜続ける必要がある。またパイバック燃料製造施設のコスト試算など、実用化戦略調査研究等と密接な関連があると思われる項目が含まれているので、できるだけ直接反映できるように考慮すべきである。

BN600炉心燃料設計ではハイブリッド炉心・燃料設計のデータを入手するとともにその検討を行い炉心の核設計成立の可能性を確認している。制御系の反応度収支が成立する事やロシア設計評価式は日本側の想定していた式と異なっており、検討の成果は炉心燃料設計技術の向上に資する事が期待できる。

BN600安全解析ではBN600ハイブリッド炉心の安全解析を実施しロシア側解析結果との比較検討が行われている。成果は日本の高速炉安全設計データベースの拡充に寄与する事が期待できる。

RIAR施設設備については製造ラインの最後の設計段階にあり、一部機器の購入が開始されている。施設安全性に関するロシア国内法規の調査により設計の適合性を確認するとともに実用化戦略調査研究の評価に資するデータが得られている。なお、RIAR施設整備は、まだ燃料製造から得られる工学的知見に係る成果を評価するのに十分な情報が得られておらず今後の成果を待つ判断が必要である。またRIARから取得できない知見が何であるかを見極め、その知見を国内の研究開発でどのように補っていくかなどパイバック燃料に係る技術開発戦略を検討する時期に来ているのではなかろうか。

②実用化との関係

パイバック燃料に関するロシア側からの実機経験と日本におけるMOX燃料実績を勘案すれば、実用化への技術的見通しに大きな問題はないと考えられる。なお、経済性評価で、米・露が公表したペレット燃料製造施設に比べはるかに経済的であると結論している。本技術のほうが安価と結論できるならば、積極的に本成果を活用し、この技術が採用されるように働きかけるべきではなかろうか。

③得られた成果の普及、公開

本課題が極めて重要でありながら、一般国民へのPRが不足気味である。技術的には高度な中身でも、国民が期待している情報を適切に取捨選択して、分かり易く広報することが必要である。

またロシア解体プルをMOX燃料として処分することが軍備管理・軍縮の観点から、国際社会全体の合意であることを明確にすることが重要である。さらに大きな目標が国際貢献である以上、国際的にもアピールするような広報戦略が必要ではな

かろうか。

6. 今後の展開

各研究項目についての今後の展開についてはよく説明されており、全体として妥当なものと評価する。サイクル機構の大きな課題であるFBR実用化の開発へのもっと強力な関わり、フィードバックを積極的にはかってほしいと考える。国の国際的支援策としての2面性に止まらず、サイクル機構の本来の研究課題のあり方からもっと積極的な研究項目の設定を期待したい。また、オプション選択の実施や、実用化戦略調査研究の節目に応じて、目標の再設定と評価を行うべきである。

今後の進め方のひとつの課題として、ロシアの解体プル対応を米欧の様に国家間協定体制で行うことを検討すべきである。

7. その他

ロシア許認可の支援に関しては、単なる支援に終わらせず、所謂旧西側諸国を中心にして定着している国際的な安全に関する考え方、評価基準、評価手法などに関し、ロシアとのコンセンサス作りを進めることが重要である。

8. 総合評価

本課題は原子力平和利用の観点から重要な課題で、ロシア解体プルの処分への協力と、それに係る技術開発を通してわが国の核燃料サイクル技術の向上を目的とするものであり、核兵器縮減、核不拡散に関する国際貢献へ多大に寄与する。また、研究開発を通して、ロシアから得られる技術的知見、情報等は、今後の我が国における高速炉開発（実用化戦略調査研究を含む）に非常に有用である。国際貢献の中には国際政治上での戦略的プロジェクトという解体核処理への直接的な貢献のみでなく、許認可支援を通し、高速炉の安全目標の設定、安全確保の考え方、さらにはロシアにおける普遍的な安全文化の浸透という意味があり、本課題の実施はその意味で、サイクル機構が原子力の安全性において世界をリードする大きなチャンスと捉えることができる。ただし、二面性に対する意義・目的をあいまいにするべきではなく、それぞれに共通する目標と個別の目標を明確に定義し、効率的に計画を進めると共に、状況の変化に応じて柔軟に計画を変更していくことが望まれる。現在までのところ、柔軟な計画変更には対応している。

なお、どのような知見を得ておくことがわが国FBRサイクル実用化に貢献し得るかを今後とも確認しつつ、研究開発計画を実施していくことが重要である。また、本課題を進めるにあたっては、国際関係論上の意義と実用化戦略調査研究への貢献について情報公開していくことが望ましい。核不拡散のためのバイバックオプションの推進と高速炉サイクルシステム研究開発の両面においてロシアを相手に慎重

かつ着実に成果が積み上げられつつあると評価できる。

今後の展開としてロシア側作業の安全確認、BN600プラント安全性の国際的コンセンサス作り、年間50体規模のバイパック燃料製造施設改造への貢献とそれを通じての技術の習得とその実用化戦略調査研究への反映が挙げられており、いずれも適切であると評価できる。

以上

評価意見

1. 研究開発の目的・意義

(1) 米ソの冷戦時代に蓄積された軍事目的のプルトニウムの削減に核燃料サイクル開発機構がこれまでに蓄積した原子力平和利用技術を用いて協力し核軍縮、核不拡散に貢献するとの目的意義は明確である。重要性緊急性も高く、社会的なニーズもある。

高速炉サイクル技術を利用するものでサイクル機構が実施すべき課題である。

(2) 目的、意義は明確である。国際協力という観点からは必要性が認められる。

社会的ニーズ、民間ニーズに関しては特に緊急とは考えないが、着実に我が国で技術蓄積を図っていく課題と考える。

(3) 本プロジェクトは、ロシア解体プルトニウムの処分への協力と、それに係る技術開発を通してわが国の核燃料サイクル技術の向上を目的とする。

ロシア解体プルトニウムの処分は、核兵器縮減、核不拡散に直接関連するものであり、その意義は非常に大きく、その処分への協力は、国際貢献に大きく寄与する。

技術的には、解体プルトニウムを非軍事化するためのオプション研究として、プルトニウムを MOX 燃料に転換し、原子炉で燃焼させる簡便な技術プロセスを開発し、わが国の核燃料サイクル技術の向上を図ることは適切である。

解体プルトニウム処分は、戦略兵器削減条約のタイムスケジュールの観点から、その緊急性、重要性は高いと考えられる。また、本研究の開発課題項目の一つである燃料製造技術では、燃料は照射まで行わないと実際の性能評価が難しいことから、性能評価までに多くの時間を要する。従って、実用化戦略調査研究においてこの燃料製造技術等のコスト評価を反映することを考慮すると、緊急性があると認められる。

解体プルトニウムの処分は、核兵器縮減、核不拡散の観点から、社会的ニーズは高い。また、本研究の開発課題項目の一つであるバイパック燃料製造技術は、MOX 燃料製造におけるコストの低減化が期待でき、その結果、燃料サイクルコストの低減を図ることが期待でき、経済的なニーズがあると考えられる。

さらに、このような照射試験は、国内での実施よりロシアで実施する方が、低コストで実施できると予想されることから、経済的ニーズを満たすことができる。

原子力平和利用技術を活用して、解体プルトニウムの処分に協力することは、わが国の国際貢献の一つの重要課題である。また、本プロジェクトで得られた知見等は実用化戦略調査研究へ反映されていることから、我が国の高速炉開発計画に寄与したと言える。

サイクル機構は、高速炉の炉心設計、MOX 燃料製造技術、燃料燃焼等に関し、総合的な技術を有する機関であり、本研究課題は実用化戦略調査研究との関連も深く、緊急性、重要性や社会的・経済的ニーズの点を考慮しても、サイクル機構が優先して実施すべき課題であると考えられる。

バイパック燃料製造技術や BN-600 の炉心・燃料設計等に係る共同研究等を通じてこれらの技術の知見の獲得と増進を図ることは、我が国の競争力ある技術開発の推進に役立つと考える。

- (4) ロシアの解体プルトニウム処分協力と技術開発においては日本側としてはこの研究協力を通じてプルトニウム燃料利用のより有効な技術開発に役立つように運用するという視点が必要である。これが可能となるような日本国内の関連組織のリフォームが望まれる。

このような観点から本協力は意義、重要性、ニーズ、国の方針との整合性などが認められる。

- (5) 計画開始時点での目的・意義であった、①ロシア解体核処分への協力と、②バイパック燃料製造に関する技術的知見の取得という2点について、現時点では大きな変更はなく、緊急性も依然として高いものと認められる。ただし、①については米露間の調整や G8 の資金調達から全体計画に遅れが生じているとされており、バイパックオプション自体が公式の枠組みから外れる、すなわち我が国の国際貢献としての訴求力が低下する可能性も依然として存在する。現時点では、バイパックオプションの公式採用へ向けて、データや実績を蓄積するために研究開発を推進することに異存はないが、オプション選定が実施された場合を見据え、計画の再考（前倒しや中止等）をも含めた迅速な対応が可能となるよう、検討しておくことも必要であると考え。もし仮に、バイパックオプションが不採用となった場合に、②の目的・意義単独でも本課題を継続して実施していくのか、その場合、計画を縮小し②の目的のみに添うように変更することに対しロシア側の理解が得られるのか等である。

- (6) サイクル機構が蓄積してきた原子力平和利用技術を核軍縮・核不拡散に役立てること、バイパック燃料製造等の技術開発・ノウハウの蓄積という2つの目的があり、前者の意義は明確かつ的確である。戦略兵器削減条約のタイムスケジュールにのっとり、ということなので、政治的意味では緊急性が高い。社会的ニーズについては、国民にあまり知られていないように思われるので、もっと周知して世論の形成が必要と思う。

- (7) バイパックオプションによるロシア解体プルトニウム処分への協力を、国際貢献と技術開発の二面性を持つテーマにより進めてきた、及び進めていくことについて、その背景、目的と意義については、事前評価と同じく妥当である。米国及びロシアの事情による研究開発項目の変更が行われているが、国の国際支援策として必要性、重

要性、緊急性については事前評価時と変わらず高いものと評価され、サイクル機構が本研究開発をさらに推進していくことは妥当である。

(8) 目的・意義については明確に規定されている。核不拡散、解体核の処分への協力を通して世界平和への貢献など、大義名分は明らかで、その重要性・緊急性はきわめて高いものがある。また本研究が国の方針で実施されていることも明らかで、また実施するための過去の実績、経験、能力の点からしてもサイクル機構が実施するのは当然である。本課題が国際社会で果たす日本の貢献という意味と、それに伴う技術開発という二面性を併せ持つとすれば、許認可への協力、安全確保への国際的なコンセンサス作りも含め、国際貢献としての重要性により大きな価値が見出されると考える。しかしながら、BN600の寿命延長も含め、本課題が実機高速炉の計画であることは極めて貴重で、当課題遂行によって炉物理、新燃料開発、とくに安全研究という技術開発の観点から多くの新しい知見を得ることが期待できる。

(9) ロシアの解体プルトニウム処分への技術協力はわが国が国際公約したものであり、またそれ以上に詐取や盗難などの意図せざる核物質流出によって第三国に核拡散が起きればわが国の安全保障が直接脅かされる事態にもなるため、本課題の社会的意義・重要性は明らかである。さらに、バイパック燃料製造技術という将来のFBRサイクル実用化のための有力オプションについて、実用規模の技術開発をわが国単独で行うよりも低コストで行うよい機会であり、わが国のFBRサイクル技術開発にとっての貢献も期待できる。FBR炉心・燃料技術にとっても、近年、実機や大型装置を用いての試験データ、照射データの取得機会が減少している中、比較的 low コストでFBR実用化に有用なデータを入手するのに有効な機会であると考えられる。本件のような技術開発課題を民間に期待することは考えられず国が主導して実施すべきであり、またFBRサイクル技術に対する技術的能力を必要とすることから、サイクル機構が実施することはきわめて妥当である。

(10) 解体プルトニウムの処分という核不拡散の観点から重要性は認められるが、緊急性はそれ程なく、むしろロシア側のペースに合わせるのではなく、JNC側の必要性に応じて着実に成果を挙げる方向で柔軟に対応した計画を遂行することが望ましい。

本技術開発に含まれるバイパック燃料製造技術に関する知見は、高速増殖技術に関係深く重要であり、実用化戦略調査研究との関連上も意義深く、サイクル機構が優先して実施すべき課題である。

(11) ロシア解体プルトニウム処分に対するわが国の国際貢献策として、解体プルトニウムをMOX燃料に変換し、ロシアの高速炉BN600で燃焼させることによって処分する構想に係わる技術開発に関して、サイクル機構がこれまで蓄積してきた原子力平和利用技術を活用して、核軍縮・核不拡散に貢献する一方、ロシアで開発された振動充填燃料製造技術に係わる共同研究および作業経験等に基づく知見の獲得

を図るとともに、BN600 炉心・燃料設計等の実機での経験を蓄積し、サイクル機構が進める研究開発業務に最大限活用していくという研究目的およびその意義は理解できるし、国の計画・方針との整合性もあり、その重要性も高く、サイクル機構が実施すべき課題であると思う。しかし、ロシアの事情が必ずしもよくわかっていなかったことや、機微情報の取り扱いについての問題、成果に対する平和利用への担保の問題等で、スケジュールに遅れが生じているとのことから、国際貢献とともにそれを通して、機微情報が絡んだ技術開発成果を獲得することを目的とするものの難しさを感じざるをえない。この種の問題に対して、政府がどのように関与したのか、サイクル機構だけで解決できるものではなく、国が一丸となって取り組まなければならない課題であったといえる。取り組み体制について、反省すべきことがあれば、それらをしっかり整理しておくことも必要と思われる。

(1 2) 解体プルトニウム処分については、G8 グローバル・パートナーシップでの取り組みもあり、目的・意義や重要性については、十分明確である。サイクル機構の関与については、所掌の官庁が複数あり、十分に調整されていないと感じた。

2. 研究開発目標

(1) バイバックオプションは既存設備を最大限利用でき、コスト及びスケジュール上有利であるのみならず、共同研究、作業及び意見交換を通して知見を得ることはサイクル機構の技術開発ニーズにも合致している。研究開発目標の設定は適切になされており、適切である。

(2) 目標設定等は適切と考える。極めて政治的な課題であるが、その状況に応じて見直しがなされたと考える。

(3) 解体プルトニウムを MOX 燃料に転換し原子炉で燃焼させることは、技術として現実性が高いだけでなく、解体プルトニウムを燃焼により減少させ、より核不拡散抵抗性のある強い放射能を含む使用済燃料に転換させることができることから、設定された目標は適切である。

解体プルトニウム処分を早期に実現するために、現実性の高い技術の利用を考慮しつつ、研究開発課題が設定され、計画が策定された。設定された課題は、それぞれ解体プルトニウムを処分するために目標が設定されており、それらは適切である。

解体プルトニウム処分を早期実現するために、現実性の高い技術の利用を基本としている。従って、技術開発の観点から、大きくブレークスルーすべき点があるとは思えないことから、本設問の回答は不要と考える。

研究開発項目が見直され、変更された。この変更では、研究開発の意義及び必要性、そしてコストの点から検討されており、適切な見直しが行われている。

既存炉で良好な運転実績があり、バイバック MOX 燃料の照射実績もある BN-600 炉を用いること、バイバック燃料については RIAR で製造と照射実績があることが

ら、これらの技術を利用することにより、解体プルトニウム処分の実現性が高いと考えられ、関連技術動向が的確に反映されていると言える。

- (4) 当初の計画から一部が変更された。変更された項目は妥当であるが、より明確に目標を再考・定義するべき部分も残されていると考える。例えば、近い将来に実施されるであろうオプション選択時に、どのようなデータをどのような精度まで提示することが最低限必須であり、どのようにそのデータを取得していくか。また、バイバックオプションの有利なポジションを主張するために、どのようなデータを付加的にアピールするのか。

これは実用化戦略調査研究への寄与についても同様であり、FSのどの時期にどのようなデータを提供して、どのように反映させるのかをより明らかにするべきであると考え。その場合、バイバック技術の対抗馬となる技術は何と何が想定され、それら対抗馬について得られるであろうデータとバイバックのデータが比較可能なレベルとなるのか、等をも勘案するべきである。

さらに、我が国におけるバイバック関連技術知見の集積という観点から見ると、RIARからどうしても取得できない知見（RIARが供与しない知見）が何であるかを見極め、その知見を国内の研究開発でどのように補っていくのかの戦略を検討する時期に来ているのではないか。

- (5) 研究開発が国際政上の戦略プロジェクトである制約の中で、サイクル機構が取得を期待する技術情報について明らかにされており、米国、ロシアの事情による研究開発項目の変更・整理とBN600のフルMOX化の研究課題の追加も適切に行われている。

なお、研究開発目標の当初の2面性からの研究プロジェクトのまとめとともに、サイクル機構のバイバック燃料製造技術の位置づけを明確にした目標設定から本研究開発をとらえ、特にFS調査研究、安全性等へ具体的に発展させFBR次期炉の選択に結べられるようにまとめる事も重要であると考え。関連づけに止まらずにもっと具体的、積極的な形にすることを狙ってもいいのではと考える。

- (6) 目標の設定とその水準は十分達成可能な範囲にあり適切と考える。各項目に最も多く共通する目標として掲げられているものにロシア許認可の支援があるが、単なる支援に終わらせず、所謂旧西側諸国を中心にして定着している国際的な安全に関する考え方、評価基準、評価手法などに関し、ロシアとのコンセンサス作りを進めるとともに、わが国でも受け入れることができるロシアの安全文化の醸成までを視野に入れて(目標に据えて)是非積極的に貢献していただきたい。そのためには、BN600の許認可の協力において、わが国との安全基準や安全評価についての違いを分析し明らかにして示すとともに、必要に応じて直截な進言も必要と考えられる。とくに格納容器を不要とするロシア側の論理展開については、サイクル機構の経験に基づいて十二分に納得するまで議論していただきたい。

- (7) バイバックオプションの目標は具体的で明確である。バイバック燃料製造技術についてはロシアで経験があること、すでに照射実績が得られつつあることから実現困難なオプションであるとは考えられない。ただし、目標達成までにいかなる技術的困難が予想されるかのリストを作成し、目標達成レベルをモニタすべきであろう。このとき解体プルの処分という当面の目標と平行して、将来の FBR サイクル実用化という観点からブレイクスルーすべき点のリストも作成すべきであろう。事前評価以降の研究開発項目の見直しは妥当であると考え。本件の場合、米露両国の事情や意向で研究計画が左右されることが今後とも生じかねないが、わが国の意志を主張して両国に振りまわされることなく進めることを期待する。
- (8) 本開発の目的は事前評価の時にも指摘したように、核不拡散への貢献と高速炉実用化戦略調査研究への成果反映の二面性を持っている。中間評価の成果からは前者の方に重点を置いた表現の方が良いと考える。
- (9) BN600 の炉心・燃料設計、RIAR 施設の整備およびフル MOX 化の技術課題の整理と概略コスト評価に必要な基礎的なデータならびに実機でのデータを取得して、定量的評価をすることが最終的な目的であると思われるが、データベースの拡充に主眼がおかれているように見られる。特に振動充填燃料製造については、FS への反映を考えていることから、どのようなデータを取得することが必須であり、その際の条件が解体核のプルトニウムの特性とわが国で考えている高速炉用燃料の特性の違いを十分考えての目標としてももう少し具体的な内容を明らかにしてほしい。それらを通して、ブレイクスルーすべき点が明確になっているかの判断がしやすくなると思われるし、関連技術動向が的確に反映された目標設定となっているかの判断も可能となる。さらに、研究開発目標と 3 における研究開発計画との整合性が判断しやすくなると思われる。
- (10) 「フル MOX コスト評価」については、明確な「高速炉サイクルの実用化戦略調査研究 (FS)」の項目への直接の反映はないとしているが、バイバック燃料製造施設のコスト試算など、FS と密接な関連があると思われる項目が含まれているので、できるだけ直接反映できるように考慮してほしい。
- (11) 目標設定や技術的ブレイクスルーについては、日露双方にとって適合的なものである。

3. 研究開発計画

- (1) 米国とロシアの主張や事情などを踏まえて当初の研究開発項目のうち 4 項目の見直しと検討追加が行われている。反射体設計、先行照射試験が除外され BN-600 フル MOX 技術課題の整理とコストの概略評価を追加し、デモンストレーション照射を本研究とは別途検討するとしており、いずれも適切である。

スケジュールは通信事情の悪さや国際協力に伴う契約など主にロシア側の事情

により変更されているが目標達成には支障がないと考えられ適切である。

個別の研究開発 6 項目の目標計画について述べると BFS-2 臨界実験は我が国の高速炉核設計データベースの拡充が期待される。3 体 MOX バイパック燃料製造照射試験 (3 体デモ照射) は本研究開発の中核であり、バイパック燃料技術の実証という目標を達成する事が期待され、この成果は実用化戦略調査研究にも生かされる事が期待できる。

フル MOX コスト評価はコスト面から本オプションの成立性を確認する事を目標としている。BN600 炉心燃料設計は BN600 ハイブリッド炉心のロシア許認可を支援するとともにバイパック燃料を用いた炉心設計の知見を我が国の高速炉基盤研究に反映すると期待できる。BN600 安全解析はロシアの許認可を支援するとともに国際コンセンサスの確立に役立つとともにその知見は基礎基盤研究に反映できると期待できる。RIAR 燃料製造設備の増強は、バイパック燃料製造に係わる設計、製造情報、国内 R&D 試験による燃料製造性や健全性の知見が得られると期待できる。これら 6 項目の計画はいずれも適切であると考えられる。

- (2) 本事業の中核となるハードの部分(燃料製造、燃料製造施設整備、照射試験等)の大半はロシアで行なっているのに、その予算は全体の 1/3 強である。残りの 2/3 弱の予算が多い印象(必要性が不明)である。また、それに見合う成果が見えていない。

振動充填による燃料製造はロシアの独創性のある技術と考えるが、サイクル機構の独自性、独創性はどこに発揮されたか。

- (3) 本プロジェクトを準備段階と実施段階のフェーズに分け、それぞれにおける研究開発項目は、具体的で妥当なものになっている。

準備段階のフェーズ 0 では、ロシアの臨界実験装置 BFS-2 を用いた臨界実験と小数体の MOX バイパック燃料の製造・照射試験、フル MOX コスト評価が実施され、実施内容、使用施設ともに適当である。

実施段階のフェーズ 1 では、技術開発要素が高い項目について分担するという適切な方針の下に、BN600 炉心設計・燃料設計、安全解析を実施し、MOX バイパック燃料の解体 Pu 処分のデモの照射が開始された。今後、照射後試験等が予定されている。一連の結果から、ロシアの解体核の処理に協力しつつ日本にとって必要な技術の調査と研究を進めることができるようになっている。また、実用化への道筋も明確になっている。

資金計画は妥当であると考ええる。

研究開発項目が見直され、変更された。この変更では、研究開発の意義及び必要性、そしてコストの点から検討されており、適切な見直しが行われている。

BFS は、現在、世界で稼働中の 3 基の高速炉臨界実験装置の一つであり、Pu 核燃料の保有量は世界最大である。また、実験技術レベルも高く、これまでに BN

－600を始めとする多数の核特性評価炉物理実験が実施されてきた。この点から、炉心核特性評価実験の実施施設として適している。

R I A Rは、バイバック燃料の製造技術に関して、世界的にもR I A Rに最も技術的蓄積があり、協力相手機関として適している。

B F Sを用いた臨界実験の実施及び日露の解析結果の比較により、現行核設計精度を評価している。また、バイバック燃料の製造と照射実績があるR I A R施設の利用等が図られており、解体プルトニウム処分への高い実現性を求めるべく、関連技術動向が的確に反映されていると言える。

本プロジェクトは、既存炉で良好な運転実績があり、バイバックM O X燃料の照射実績もあるB N－600炉を用いて、ロシアで実績のあるバイバック燃料を利用して、解体プルトニウム処分を実施するのであり、多分に既存技術に負うところが大きい。また、協力を通して、これまでにない知見を獲得することが目的であることを考慮すると、研究内容に独創性、創造性を求めることは難しいと考える。実際、成果発表において、学術論文誌への投稿が1件であることから、独創性、創造性を求めることは難しいことが伺える。

既存炉で良好な運転実績があるB N 600をハイブリッド化するための炉心設計及び燃料設計を確実に進めるべく、臨界実験による核特性評価、バイバックM O X燃料の照射試験を実施するとともに、安全解析、コスト評価等を実施して、実用化への道筋が適切に示されている。

- (4) 設定されている研究開発項目に対する開発計画は、それぞれ適切であり、必要な技術情報の取得についても適切に明らかにされている。米国及びロシアの事情による研究開発項目の変更の対応、すなわち一部の項目の除外を行うとともに、核燃サイクルの研究成果を解体プル処分にも有効に反映させるためにB N 600のフルM O X化のコスト評価を課題として追加設定したことは妥当である。

なお、2.(5)に述べたF S調査研究への具体的な技術展開についても計画の設定を期待したい。

研究開発スケジュールはロシアの状況の影響を受けてやや遅れているとのことであるが、今後の計画についてはバイバックオプションを有効、第一とし、一部研究項目の除外と新たな項目の追加が適切に組み込まれている。関連技術の動向も適切に把握され対応がなされている。

- (5) B N 600ハイブリッド炉心変更（設計、安全評価など）、バイバック燃料製造などフェーズ1と称される計画の多くの項目が初期計画から2～3年遅れた見直しになっている。計画は多国間の共同研究である以上、ある程度ムービングターゲット的な性格を有するようであるが、今回報告されたいくつかの計画変更については十分検討の跡があり、ロシア側からの言い分だけでなされたわけではないことが理解できる。その意味では妥当な計画変更であったものと考えているが、今後ともこの

工程がさらに見直しを受ける可能性も考慮に入れつつも、許認可支援には日本の貢献が最重要であることを認識し、サイクル機構現有のマンパワーを有効にかつ最大限活用できる計画として現実的な対応をお願いしたい。

- (6) わが国が分担している研究開発項目は概ね順調に進捗しているが、それ以外の項目についてはかなり計画よりも遅れている。計画が遅れることにより、期待された情報が入手できないまま追加資金が必要になることのないよう、ロシア側との交渉が必要である。
- (7) 燃料サイクルのコスト低減の1つの方策としてバイパック燃料製造技術をとらえるのは妥当であるが、現時点での成果ではコスト評価を正確に行えない。一層の充実した成果を挙げて欲しい。
- (8) ロシア事情の的確な把握の困難さ、機微情報の取り扱い、成果に対する平和利用への担保等の問題等でスケジュールに遅れが生じたことや、解体核プルトニウムの処分に対する取り組みの社会状況の変化によって、当初の計画およびスケジュールに遅れが生じ、また、計画の変更を余儀なくされていることから、研究開発項目相互間の関連性の妥当性についての判断がしにくくなっているように思われる。今後も似たような状況が起こることが考えられることから、関連技術動向を基に、的を絞ってのデータの取得とそれに基づく評価手法の開発に重点を移すべきではないかと思われる。
- (9) 研究開発計画は、短・中・長期的にわたって整合的に作られているが、資金計画については国内的な調整が必要と感じた。

4. 研究実施体制

- (1) 研究開発体制は国内の関係者の英知を結集するとともにロシア側研究機関との密接な協力体制がとられており適切である。なおロシアへの人員派遣はあまり多くない。これにはロシア側の事情による制限もあろうが、バイパック燃料製造技術を中心としてもっとエキスパートの長期滞在が行われてよいのではないかと感じられる。日本の自前の関連情報も積極的に提示する事ができれば受け入れ事情や情報交換内容も異なってくるのではなかろうか。
- (2) 我が国の複数のメーカーが参加しているが、そこでは何が分担され、どんな成果がそれぞれ出ているのか不明である。また、それはなぜサイクル機構で実施できなかったのか。
- (3) 担当する部署が多岐に渡っているが、全体として調和して研究開発が進められていることから、組織、人員・人材の配置、研究グループ間の連携が適切に行われたと評価する。また、事前評価での指摘を反映して、「解体プルトニウム処分協力検討委員会」を設置し、計画の進め方等について専門家の意見が反映された。

本プロジェクトは国際政治上の戦略的プロジェクトであるため、G8、米口との

政府間協議に参画等が図られた。また、ロシア国内の研究機関との連携及び有効な活用が行われた。その結果、当初計画を着実に実施し、全体目的が達成されていることから、他機関との協力・連携は適切と思われる。

- (4) サイクル機構の研究開発体制、人員は、ロシアとの研究協力と連携の体制が、サイクル機構の研究業務との整合を図りつつ構築されており、さらに先の事前評価で要望されたが外部委員会の設置も行われ、その活用が期待される。

ロシア側に提供される研究開発資金については、妥当性と合理性について十分に確認がなされていくとのことであり、適切であると判断する。

- (5) 概ね研究実施体制は妥当と判断される。ただし、本研究は基本的にサイクル機構を中心に国内メーカーなどの協力を得て行うものとなっているが、これまでの研究実施においてサイクル機構以外の組織の具体的な関与が明確でない。そのため、サイクル機構内部で、他の業務と重複することなく、また無理なくマンパワーが適切に配置されているか、否かの判断は下しにくい。

安全評価など、米国、欧州との協力が不可欠である以上、より緊密な国際的な協力体制の構築をサイクル機構の主導の下に早急に実行努力して示していただきたい。

- (6) わが国の研究実施体制は妥当であると考えるが、ロシア側がどの程度のリソース（資金、人員）を割いているかをワッチし、研究開発計画の円滑な実施のために必要な要求はすべきであろう。また、計画がある段階に至ったならば短期間の打合せ会合だけでなくやや長期の人員派遣を行って、進捗状況の把握と情報の取得にあたることは提供した資金に見合う成果を回収する上で不可欠であろう。

- (7) 燃料製造施設（RIAR）の改造（設備増強）に対する新たなコスト負担もしない方向で計画を進めるべきである。可能ならばアメリカとの経費分担も考えるべきであろう。

- (8) 研究グループは良好に運営されており、ロシア側との関係も順調と感じた。

5. 研究成果

①得られた成果の内容

- (1) BFS-2 臨界実験については全試験体系の試験を完了し、炉心の核設計精度に着手するならその成果が着々と積み上げられている。3体デモ照射試験は照射を終了し間もなく照射後試験が開始されようとしている。ロシア側許認可を支援する照射実験結果の一部が得られており評価できる。

BN600フルMOXのコスト評価はBN600フルMOX化のための課題を抽出するとともにコスト評価により本オプションの成立性を確認し、G8における日本提案に反映するところとなっている。即ち年間1.3トンの解体プルトニウム処分の技術的可能性が確認されている。バイバック燃料の特徴を生かした燃料

製造施設の概念検討とペレット法と比較したコスト合理化の可能性の検討では建設費の試算によりその経済的優位が確認できている。

BN600炉心燃料設計ではハイブリッド炉心・燃料設計のデータを入手するとともにその検討を行い核的な設計成立の可能性を確認している。制御系の反応度収支が成立する事やロシア設計評価式は日本側の想定していた式と異なっており、検討の成果は炉心燃料設計技術の向上に資する事が期待できる。

BN600安全解析はBN600ハイブリッド炉心の安全解析を実施しロシア側解析結果との比較検討が行われている。成果は日本の高速炉安全設計データベースの拡充に寄与する事が期待できる。

RIAR施設設備については製造ラインの最後の設計段階にあり、一部機器の購入が開始されている。施設安全性に関するロシア国内法規の調査により設計の適合性を確認するとともに実用化戦略調査研究の評価に資するデータが得られている。

- (2) BFS臨界実験では、実験解析及びロシアとの結果の相互比較を通して、現行解析手法の核設計精度を評価した。また、統合炉定数作成へのデータベースの拡充が図られた。これらは、核設計精度向上への寄与が期待される。

バイパック燃料製造・照射試験では、燃料製造におけるノウハウが取得され、少数体の照射試験及びデモ処分の照射が確実に実施された。今後の照射後試験の実施により、バイパックMOX燃料の有効性やコスト等の評価ができ、高速炉核燃料サイクルへの導入効果の検討等が期待される。

フルMOXコスト評価では、炉心構成が明確にされ、年間処分量が定量評価された。これらは、本概念の意義を明確にするともに、目標達成を評価するのに有効である。

BN600炉心・燃料設計及び安全解析では、得られた情報・知見等が、今後の高速炉リサイクルシステム研究開発へ寄与することが大いに期待される。

フェーズ0は、当初の計画どおり達成できたと判断できる。また、フェーズ1では、RIAR施設整備において、契約調整に想定外の時間を要したため、当初計画から遅れているが、それ以外は概ね計画通りに進められており、計画全体としては、十分な達成度であると評価できる。

BFSでの実験、3体デモ照射等では、十分な費用対効果が得られていると思われるが、RIAR施設整備は、今後の成果を待って判断が必要である。

- (3)少量であれ、実際に解体プルトニウムを処理したという実績は高く評価できる。
- (4)アメリカ、フランスが採用しているペレット燃料の方法よりも、バイパック燃料のほうがプルトニウム1キロあたりの製造処分費は安い、などのデータが示されていたが、こうした利点をもってしてもメインオプションに入らなかったのはなぜか、よくわからなかった。政治的な理由と聞いたが、技術的内容がよくわからない

だけに、成果を評価するものさしが他にないので評価しがたい。

(5) 各研究項目についての成果については具体的に示されており、それらの水準、質、意義については特に指摘する所はないが、ロシアとの契約上の遅れの影響も含めて、計画と比較した成果の達成度あるいは進展状況について具体的な説明が示されていないので、できれば数値化して目安を示すのもよいのではと思われる。ロシアへの開発資金の提供であるので、それぞれの研究の達成度を具体的に明らかにしていくことが資金の妥当性の評価に必要と思う。

(6) 一般的に、計画と比較した達成度についても、ロシア側の対応の遅れ、米国の対応そのものに不確定性が多く、一概に今回の評価で遅れを非難することはできない。計画の遅延も含め全体としてみた場合、BFS-2臨界実験、バイパック燃料3体照射データ評価、BN600ハイブリッド炉心燃料設計、安全解析など6課題について、サイクル機構側の対応はそれなりの達成度を示していると考えられる。充填振動方式に関しては燃料スペック、製造方法など有益な情報が得られていると考えられる。ただし、その水準、質について、ここでは評価困難である。今回はとくに同方式の長所に力点が置かれた報告になっており、(素人からみたら)その欠点や問題点についての報告と議論が少ないように思われる。本当に振動充填方式が他の製造方式に比べて優れているのであろうか、より客観的な比較検討が必要である。

BN600のハイブリッド炉心燃料およびフルMOXに適用するナトリウムプレナムつき燃料炉心のポイド反応度臨界実験データの取得と解析精度評価実績は今後の日本の高速炉炉心設計にとっても極めて有益である。とくにわが国における実用化段階の高速炉においても、ナトリウムプレナムの採用の是非について安全性、経済性の観点から今後とも検討の価値がある。その検討に実質的に反映できる高い質の情報、データを、本課題の成果はもたらすものと考えられる。また、日本側の安全評価結果に基づく指摘事項を踏まえてロシア側が安全解析結果を見直したことは極めて大きな成果であり、BN600プラント安全確保のための国際的なコンセンサス作りに大きく寄与している。炉心損傷事象評価についても今後同様な成果を強く期待する。

全体として、費用対効果については、ロシア側の対応如何によっては必ずしも楽観すべきでなく、常にその用途、配分の状況について妥当性をチェックすることが必要であろう。

(7)

臨界実験：既に実施計画の大半を終了し、当初期待された成果が得られている。

3体デモ照射：試験燃料の製造と照射が計画どおりに終了したことは大きな成果であり、バイパック燃料照射挙動の予備的知見も得られ照射後試験計画も策定された。ただし、最終的な成果は照射後試験の結果を待たなければならない。

コスト評価：バイパックオプションの経済的優位性が示され、また燃料製造施設の

建設コスト評価がほぼ妥当なものであることが確認され、目標を達成した。ただし評価の精度が問題であり、今後の進展によって得られる情報により評価の見直しを適宜続ける必要がある。

炉心・燃料設計：ロシア側設計の妥当性評価に必要な設計情報をほぼ入手し、内容確認及び核設計成立性確認が完了したので、全体計画に照らして十分な達成度である。

安全解析：日本側は計画どおりに安全評価レビューを完了して問題項目の指摘を行っており、当初期待された成果が得られている。指摘項目に対してロシア側がどう応じているかをワッチするとともに、米国分担分についてどうするか明確にする必要がある。

R I A R 施設整備：国内 R & D については順調に成果が得られているが、施設整備計画が遅れているためかロシア側からまだ十分な成果が得られていない。このテーマは予算も期待される成果も大きいので、今後の実施計画の順守についてロシア側に努力を求めるべきである。

- (8) 計画の遅れは多少あるものの得られた成果は概ね妥当である。しかしながら JNC 側も、日本国内で本プロジェクトで入手不可能、疑問点等の解明の為に、独自に研究開発を進めて成果の迅速で効率的活用を進めること。
- (9) 解体 P u を商業炉等を利用して使用済燃料基準とするこの具体的成果は、国際的に見ても高く評価すべきではないか。

②実用化との関係

- (1) 経済性評価で、米・露が公表したとあるペレット燃料製造施設に比べはるかに経済的であると結論している。一方、米はペレット法に決めた地を進めており、ロシアにもその方式を勧めているとの説明である。本技術のほうが安価と結論できるならば、積極的に本成果を活用し、この技術が採用されるように働きかけるべきではないか。
- (2) 炉心設計・燃料設計及びコスト評価等から、解体プルトニウムの処分に対する高速炉の有効性を示すことができている。今後の 2 1 体デモ照射の照射後解析の結果により、その有効性と実用化への技術的見通しに対する実証が期待される。
- (3) ロシア解体核（プルトニウム）を日本国内の高速増殖炉用の燃料として活用出来る様に処分研究協力の新たな目標を設定する必要がある。
処分協力から生じるバイパック燃料（P u MOX）は市場経済性があることを立証する視点が求められる。
- (4) 解体プルトニウム処分への実用化への技術的見通しについては、未だ 3 年の経過であるが、順調に進んでいるように思われる。
- (5) バイパック燃料に関するロシア側からの実機経験と日本における MOX 燃料実

績を勘案すれば、実用化への技術的見通しに大きな問題はないと考えられる。

(6)

臨界実験：ロシアの核設計精度がわが国とほぼ同レベルにあることが確認されたので、BN600炉心設計への見通しは得られた。

3体デモ照射：綿密な照射後試験が実施されたならば、バイパック燃料による解体プルトニウム処理に必要な知見が得られるものと期待される。

コスト評価：バイパックオプションの推進にとって有用な情報を提供し得た。

炉心・燃料設計：核設計成立性については見とおしが得られているが、その他の設計項目については今後の進捗を待たなければならない。

安全解析：安全評価技術についてはわが国の方が進んでいるので、ロシアの許認可を支援することはバイパックオプション実現のために有効である。

R I A R施設整備：国内R & Dでは施設整備にとって重要な知見が得られている。

(7) ロシア側高速炉の安全・安定的運転にかかるところが大きく、判断が難しい。

③得られた成果の普及、公開

(1) 我が国のF B R研究開発、実用化戦略調査研究にも有益な成果が提供できると考える。

(2) 解体プルトニウムの処分に対する高速炉の有効性を示すことができ、その過程で得られる技術的知見は実用化戦略調査研究を始めサイクル機構の今後の研究開発業務に寄与することが期待される。

バイパック燃料は、将来の高速炉燃料製造技術の有力な候補であり、燃料サイクルコストの低減が期待できる。この燃料製造技術とその燃料挙動に関する技術的知見の獲得、炉心・燃料設計及び安全解析における技術のノウハウと多大の情報は、今後の高速炉開発に有益であると思われる。

フルMOXコスト評価において、年間処分量が定量評価され、解体プルトニウムの処分に役立つことが示された。今後のデモ照射のP I Eにより、それが実証されると期待される。この結果により、より一層、プルトニウム処分への有用性が示されると期待され、その結果、核不拡散への寄与が示されるであろう。

学会、国際会議、専門誌等での成果報告が、適切に行われている。

国際フォーラムでの発表・報告、及びプレス発表が行われており、広報活動は積極的に実施されたと思われる。

(3) このロシア解体核（プルトニウム）はプルトニウム燃料（MOX燃料）として燃焼利用することが世界平和への道に通じるという社会的概念を明確にし、日本国内のMOX利用へのP A（社会的受容）に役立つように本研究をP R活動する必要がある。

(4) 日本国内では、全国紙の新聞記事として解体プルトニウム処理の世界初の実績

が報道されたと記憶しているが、世界へのアピールとしては、果たしてどれほどのインパクトがあったのか。大きな目標が国際貢献である以上、国内での評価に満足せず、国際的にもアピールするような公報戦略が必要ではないか。

(5) 未だ3年の経過であり、解体プルトニウム処分への実用化はなくてはならないものであるが、当然ながらFBR開発への積極的な関わりとそのための成果の普及ももっと強く打ち出して欲しいと考える。

(6) 成果発表などについては、専門家や原子力関係者を対象とするものに限られている模様であるが、機会をみて一般市民とくに敦賀近郊や原発立地地点付近の住民への広報（市民講座など）も心がけてほしい。本研究は、二国間、多国間の政府レベルの協議、関与の基に進められているもので、単なる研究協力ではない。その特殊性ゆえに、成果の普及、公開は通常とは異なるものと考えられるが、サイクル機構としては同時に、高速炉もんじゅの再開に対する国民的な合意を得る努力を陰に陽に進める一環として、本研究の内容、意義、成果などをより住民や国民により分かり易い形で広報すべきではないか。とくに、現在、サイクル機構が核兵器解体支援を通し原子力平和利用に積極的な国際貢献を行っていることや国際的な安全性コンセンサスの醸成への貢献、高速炉が何故解体核処理に適切か、つまり高速炉がいかにか多才で高性能であるか、日本国民が認識しているとは考えられない。このようなことは他の原子力技術全般に言えることであるが、地道な努力を期待したい。

(7)

臨界実験：統合炉定数への反映が行われており、わが国FBR炉心設計の精度向上に役立つと期待される。

3体デモ照射：綿密な照射後試験が実施されたならば、バイパック燃料実用化に必要な知見が得られるものと期待される。

コスト評価：わが国でバイパック燃料製造を行う場合、解体プルトニウムではないことやロシアとの国情の違いから、このコスト評価が直接参考になるとは考えられない。しかし、同様の評価を行う場合の課題程度は経験として参考になるのではないか。

炉心・燃料設計：バイパック燃料を用いたFBR設計に有用な情報を入手できた。ただし燃料設計手法を確立するためには、試験照射の成果を反映した燃料挙動解析手法の開発が不可欠であり、今後の研究が必要である。

安全解析：既存安全解析コードのバイパック燃料モデルの改良に反映されており、バイパック燃料を用いたFBR実用化に寄与する。また、FBR安全評価についての国際的コンセンサス形成にも寄与する。

R I A R施設整備：バイパック燃料の実用化にとって重要な知見が得られている。今後は製造条件などについて、ロシア側から投資に見合う内容の情報を引出すことに努力すべきである。

得られた学術的成果については学会などで十分な発表がなされていると思われる。一方、一般社会に対しても核軍縮にわが国の原子力技術が貢献していることを機会あるごとにアピールして行くことが、原子力の社会的受容にとって重要である。

(8) 本研究の成果は、核不拡散に寄与する国際協力上有益なものである。

本研究の成果は、我が国のFBR研究開発にも十分活用できるものと考えられるが、高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究に直接的に関連づける必要はない。

(9) 可能な余剰Puの処分量を考えれば、不拡散体制への効果は大きい。

6. 今後の展開

(1) 先にも述べたように、RIA R施設整備の完了が待たれ、その後のデモ照射のPIEの結果に期待する。

(2) 今後の進め方のひとつの課題として、ロシアの解体核対応を米欧の様に国家間協定体制で行うことを検討すべきである。

このロシア解体核(プルトニウム)の平和利用は核燃料サイクルにおける高速増殖炉の開発、実用化への有効な国際共通行動であることを処分協力を通じて明らかにすることが望ましい。

(3) オプション選択の実施や、FSの節目に応じて、目標の再設定と評価を行うべきである。

(4) 各研究項目についての今後の展開についてはよく説明されており、全体として妥当なものと評価する。サイクル機構の大きな課題であるFBR実用化の開発へのもっと強力な関わり、フィードバックを積極的にはかってほしいと考える。国の国際的支援策としての2面性に止まらず、サイクル機構の本来の研究課題のあり方からもっと積極的な研究項目の設定を期待したい。

(5) 国内体制の整備(省庁間連絡会議、非核支援技術事務局の位置付け、政治的なリーダーシップ等)を前提として、総合的な判断をすべきではないか。

7. その他(上記項目に当てはめ難い評価意見)

(1) 解体プルトニウム処分については、その技術的内容はもとより、条約締結後の経過、ロシアとの協力関係についてもあまり報道されていないこともあり、内容がよく理解できなかったことは委員として申し訳ない。ただ、原子力平和利用技術による国際貢献であることや、パイバック燃料製造技術と燃料挙動情報が十分に得られれば、FBR燃料の有力な選択肢となることも考えられるというなら、もう少し日本、ロシア双方の国民に周知して、世論の支援を得るべく努めていただきたいと思う。

(2) 研究開発各項目に最も多く共通する目標として掲げられているものにロシア許認可の支援があるが、単なる支援に終わらせず、所謂旧西側諸国を中心にして定着

している国際的な安全に関する考え方、評価基準、評価手法などに関し、ロシアとのコンセンサス作りを進めるとともに、わが国でも受け入れることができるロシアの安全文化の醸成までを視野に入れて是非積極的に貢献していただきたい。そのためには、BN600の許認可の協力において、わが国や欧米諸国との安全基準や安全評価についての違いを分析し明らかにして示すとともに、必要に応じてロシア当局へ直截な進言も必要と考えられる。とくに格納容器を不要とするロシア側の論理展開については、サイクル機構の経験に基づいて十二分に納得するまで議論していただきたい。

- (3) 「高速炉サイクルの実用化戦略調査研究」のように、核燃料サイクル開発機構が進める研究開発業務には、開発する内容が「ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発」と関連するものがいくつかあると思われる。それらの研究開発業務の目標を達成するために必要となる技術情報の入手可能性も予め検討した上で、この技術開発を進めてほしい。

8. 総合評価（上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断）

- (1) 以上をまとめると核不拡散のためのバイバックオプションの推進と高速炉サイクルシステム研究開発の両面において成果が積み上げられつつあると評価できる。得られた成果の普及公開も適切になされていると考えられる。

今後の展開としてロシア側作業の安全確認、BN600プラント安全性の国際的コンセンサス作り、年間50体規模のバイバック燃料製造施設改造への貢献とそれを通じての技術の習得とその実用化戦略調査研究への反映が挙げられており、いずれも適切であると評価できる。

- (2) 国際協力としての参加、政治的に大きな影響を受ける、ブラックボックスもあり等、複雑な課題と考えるが、当面は我が国の技術として技術蓄積を図っていくことが有益と考える。一方、それとともに我が国として本技術の採用のメリット、デメリット、ニーズを的確に把握しながら進めていくことが重要と考える。

- (3) 本プロジェクトは、ロシア解体プルトニウムの処分への協力と、それに係る技術開発を通してわが国の核燃料サイクル技術の向上を目的とするものであり、核兵器縮減、核不拡散に関する国際貢献へ多大に寄与する。また、研究開発を通して、ロシアから得られる技術的知見、情報等は、今後の我が国における高速炉開発（FSを含む）に非常に有用である。

本プロジェクトを準備段階（フェーズ0）と実施段階（フェーズ1）に分け、それぞれにおける研究開発項目（一部は、研究開発の意義及び必要性、コストの点から見直され、変更された）は、具体的で妥当なものになっている。

これまでにフェーズ0は、当初の計画どおり達成された。また、フェーズ1では、RIAR施設整備が当初計画から遅れているが、それ以外は概ね計画通りに進めら

れており、計画全体としては、十分な達成度であると評価できる。

今後、MOXバイパック燃料の解体Pu処分のデモ照射に関する照射後試験等が確実に進められ、その結果から、本プロジェクトで示された概念が、ロシアの解体核の処理に有効であることを実証されるとともに、得られた知見等がFSへ反映され、高速炉開発へ非常に有用となることを強く期待する。

- (4) 本協力に対する総合評価としては、国際関係論上の意義と我が国核燃料サイクルの促進という国益論とが同時にさらにPA（社会的受容）されるのが望ましい。

この点を留保すれば、本協力は総合的に評価出来るものである。

- (5) 本課題は、それぞれ単独でもプロジェクトを成立させ得る意義・目的を二重に含んでおり、サイクル機構の取り組むべき研究テーマとして非常に重要である。ただし、二重の意義・目的をあいまいにするべきではなく、それぞれに共通する目標と個別の目標を明確に定義し、効率的に計画を進めると共に、状況の変化に応じて柔軟に計画を変更していくことが望まれる。現在までのところ、柔軟な計画変更には対応しているが、目標の定義をより明確化することが望ましいと考えられる。

- (6) 事前評価からの3年の経過に対する評価であるが、当初の計画に対しては全体としてよく進められていると考える。さらにサイクル機構のかかえる研究課題としてもっとFBR開発への積極的、具体的な展開を図るよう研究計画、課題の設定を期待したい。

- (7) 本課題は、国際貢献と実質的な研究課題の二面性を持つ特殊なものであるが、国際貢献の中には国際政治上での戦略的プロジェクトという解体核処理への直接的な貢献のみでなく、許認可支援を通し、高速炉の安全目標の設定、安全確保の考え方、さらにはロシアにおける普遍的な安全文化の浸透という意味があり、本課題の実施はその意味で、サイクル機構が原子力の安全性において世界をリードする大きなチャンスと捉えることができる。研究開発計画については情勢の変化に臨機応変に対応しつつも目標達成を常に念頭に置く姿勢を堅持していると考えられる。体制についても、同様で、今後ロシアおよび米国、欧州とのより緊密な連携に対処すべく組織的な対応を期待したい。

本課題を通して、既にいくつかの重要な成果が挙がりつつある。その代表例はBN600炉心変更に関わる臨界実験データの取得と評価実績、日本側の安全評価結果に基づいたロシア側の安全解析結果の見直しであり、BN600プラント安全確保のための国際的なコンセンサス作りに大きく寄与している。

一方で、本課題が極めて重要でありながら、一般国民へのPRが不足気味であるのは、他の課題と同様である。PRの視点の問題もあるが、技術的には高度な中身でも、国民が期待している情報を適切に取捨選択して、分かり易く広報することは、しいてはもんじゅの再開にとってもプラスになることはあってもマイナスになることはない。

- (8) 研究開発の目的・意義についてはプロジェクトの性格から明確かつ具体的である。わが国が分担しているテーマについては順調に進捗し、ほぼ期待された成果が得られていると判断されるが、その他のテーマについては国情の違いもあって計画が遅れており、まだ十分な成果・進捗を見ていないものもある。計画よりも遅れているテーマについては米露両国と十分に協議を行い、プロジェクト管理を十分に行っていく必要があると考えられる。また、どのような知見を得ておくことがわが国 FBR サイクル実用化に貢献し得るかを今後とも確認しつつ、研究開発計画を実施して行くことが重要である。
- (9) 本技術開発は、原子力平和利用の観点から重要な課題であり、ロシアを相手に慎重かつ着実に成果を挙げていると評価する。
- (10) 現在までのところ、技術的・政治的に機微な課題に積極的に取り組み、成果を残している点を評価したい。

以上

【意見1】

1. 研究開発の目的・意義

米ソの冷戦時代に蓄積された軍事目的のプルトニウムの削減に核燃料サイクル開発機構がこれまでに蓄積した原子力平和利用技術を用いて協力し核軍縮、核不拡散に貢献するとの目的意義は明確である。重要性緊急性も高く、社会的なニーズもある。

高速炉サイクル技術を利用するものでサイクル機構が実施すべき課題である。

2. 研究開発目標

パイバックオプションは既存設備を最大限利用でき、コスト及びスケジュール上有利であるのみならず、共同研究、作業及び意見交換を通して知見を得ることはサイクル機構の技術開発ニーズにも合致している。研究開発目標の設定は適切になされており、適切である。

3. 研究開発計画

米国とロシアの主張や事情などを踏まえて当初の研究開発項目のうち4項目の見直しと検討追加が行われている。反射体設計、先行照射試験が除外され BN-600 フル MOX 技術課題の整理とコストの概略評価を追加し、デモンストレーション照射を本研究とは別途検討するとしており、いずれも適切である。

スケジュールは通信事情の悪さや国際協力に伴う契約など主にロシア側の事情により変更されているが目標達成には支障がないと考えられ適切である。

個別の研究開発6項目の目標計画について述べると BFS-2 臨界実験は我が国の高速炉核設計データベースの拡充が期待される。3体 MOX パイバック燃料製造照射試験(3体デモ照射)は本研究開発の中核であり、パイバック燃料技術の実証という目標を達成する事が期待され、この成果は実用化戦略調査研究にも生かされる事が期待できる。

フルMOXコスト評価はコスト面から本オプションの成立性を確認する事を目標としている。BN600 炉心燃料設計は BN600 ハイブリッド炉心のロシア許認可を支援するとともにパイバック燃料を用いた炉心設計の知見を我が国の高速炉基盤研究に反映すると期待できる。BN600 安全解析はロシアの許認可を支援するとともに国際コンセンサスの確立に役立つとともにその知見は基礎基盤研究に反映できると期待できる。RIAR 燃料製造設備の増強は、パイバック燃料製造に係わる設計、製造情報、国内 R&D 試験による燃料製造性や健全性の知見が得られると期待できる。これら6項目の計画はいずれも適切であると考えられる。

4. 研究実施体制

研究開発体制は国内の関係者の英知を結集するとともにロシア側研究機関との密接な協力体制がとられており適切である。なおロシアへの人員派遣はあまり多くない。これにはロシア側の事情による制限もあるが、パイバック燃料製造技術を中心としてもっとエキスパートの長期滞在が行われてよいのではないかと感じられる。日本の自前の関連情報も積極的に提示する事ができれば受け入れ事情や情報交換内容も異なってくるのではなかろうか。

5. 研究成果

BFS-2 臨界実験については全試験体系の試験を完了し、炉心の核設計精度に着手するならその成果が着々と積み上げられている。3体デモ照射試験は照射を終了し間もなく照射後試験が開始されようとしている。ロシア側許認可を支援する照射実験結果の一部が得られており評価できる。

BN600 フル MOX のコスト評価は BN600 フル MOX 化のための課題を抽出するとともにコスト評価により本オプションの成立性を確認し、G8 における日本提案に反映するところとなっている。即ち年間 1.3 トンの解体プルトニウム処分技術的可能性が確認されている。パイバック燃料の特徴を生かした燃料製造施設の概念検討とペレット法と比較したコスト合理化の可能性の検討では建設費の試算によりその経済的優位が確認できている。

BN600 炉心燃料設計ではハイブリッド炉心・燃料設計のデータを入手するとともにその検討を行い核的な設計成立の可能性を確認している。制御系の反応度収支が成立する事やロシア設計評価式は日本側の想定していた式と異なっており、検討の成果は炉心燃料設計技術の向上に資する事が期待できる。

BN600 安全解析は BN600 ハイブリッド炉心の安全解析を実施しロシア側解析結果との比較検討が行われている。成果は日本の高速炉安全設計データベースの拡充に寄与する事が期待できる。

RIAR 施設設備については製造ラインの最後の設計段階にあり、一部機器の購入が開始され

ている。施設安全性に関するロシア国内法規の調査により設計の適合性を確認するとともに実用化戦略調査研究の評価に資するデータが得られている。

以上をまとめると核不拡散のためのパイバックオプションの推進と高速炉サイクルシステム研究開発の両面において成果が積み上げられつつあると評価できる。

得られた成果の普及公開も適切になされていると考えられる。

今後の展開としてロシア側作業の安全確認、BN600 プラント安全性の国際的コンセンサス作り、年間50体規模のパイバック燃料製造施設改造への貢献とそれを通じての技術の習得とその実用化戦略調査研究への反映が挙げられており、いずれも適切であると評価できる。

【意見2】

1. 研究開発の目的・意義

- ① 目的、意義は明確である。国際協力という観点からは必要性が認められる。
- ② 社会的ニーズ、民間ニーズに関しては特に緊急とは考えないが、着実に我が国で技術蓄積を図っていく課題と考える。

2. 研究開発目標

- ① 目標設定等は適切と考える
- ② 極めて政治的な課題であるが、その状況に応じて見直しが必要と考える。

3. 研究開発計画

- ① 本事業の中核となるハードの部分(燃料製造、燃料製造施設整備、照射試験等)の大半はロシアで行なっているのに、その予算は全体の1/3強である。残りの2/3弱の予算が多い印象(必要性が不明)である。
- ② また、それに見合う成果が見えていない。
- ③ 振動充填による燃料製造はロシアの独創性のある技術と考えるが、サイクル機構の独自性、独創性はどこに発揮されたか

4. 研究実施体制

- ① 我が国の複数のメーカーが参加しているが、そこでは何が分担され、どんな成果がそれぞれ出ているのか不明である。また、それはなぜサイクル機構で実施できなかったのか。

5. 研究成果

①得られた成果の内容

上記3①、②に記述

②実用化との関係

- ① 経済性評価で、米・露が公表したとあるペレット燃料製造施設に比べはるかに経済的であると結論している。一方、米はペレット法に決め立地を進めており、ロシアにもその方法を勧めているとの説明である。本技術のほうが安価と結論できるならば、積極的に本成果を活用し、この技術が採用されるように働きかけるべきではないか。

③得られた成果の普及、公開

- ① 我が国のFBR研究開発、実用化戦略調査研究にも有益な成果が提供できると考える。

6. 今後の展開

総合評価に記述

7. その他 (上記項目に当てはめ難い評価意見)

特になし

8. 総合評価 (上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断)

国際協力としての参加、政治的に大きな影響を受ける、ブラックボックスもあり等、複雑な課題と考えるが、当面は我が国の技術として技術蓄積を図っていくことが有益と考える。一方、それとともに我が国として本技術の採用のメリット、デメリット、ニーズを的確に把握しながら進めていくことが重要と考える。

【意見3】

1. 研究開発の目的・意義

- 目的・意義は明確かつ確か。

本プロジェクトは、ロシア解体プルトニウムの処分への協力と、それに係る技術開発を通してわが国の核燃料サイクル技術の向上を目的とする。

ロシア解体プルトニウムの処分は、核兵器縮減、核不拡散に直接関連するものであり、その意義は非常に大きく、その処分への協力は、国際貢献に大きく寄与する。

技術的には、解体プルトニウムを非軍事化するためのオプション研究として、プルトニウムを MOX 燃料に転換し、原子炉で燃焼させる簡便な技術プロセスを開発し、わが国の核燃料サイクル技術の向上を図ることは適切である。

- 重要性、緊急性が高いか。

解体プルトニウム処分は、戦略兵器削減条約のタイムスケジュールの観点から、その緊急性、重要性は高いと考えられる。また、本研究の開発課題項目の一つである燃料製造技術では、燃料は照射まで行わないと実際の性能評価が難しいことから、性能評価までに多くの時間を要する。従って、実用化戦略調査研究においてこの燃料製造技術等のコスト評価を反映することを考慮すると、緊急性があると認められる。

- 社会的・経済的ニーズ、民間ニーズはあるか。

解体プルトニウムの処分は、核兵器縮減、核不拡散の観点から、社会的ニーズは高い。また、本研究の開発課題項目の一つであるパイバック燃料製造技術は、MOX 燃料製造におけるコストの低減化が期待でき、その結果、燃料サイクルコストの低減を図ることが期待でき、経済的なニーズがあると考えられる。

さらに、このような照射試験は、国内での実施よりロシアで実施する方が、低コストで実施できると予想されることから、経済的ニーズを満たすと考えることができる。

- 国の計画・方針との整合性。

原子力平和利用技術を活用して、解体プルトニウムの処分に協力することは、わが国の国際貢献の一つの重要課題である。また、本プロジェクトで得られた知見等は実用化戦略調査研究へ反映されていることから、我が国の高速炉開発計画に寄与したと言える。

- サイクル機構が実施すべき課題か。

サイクル機構は、高速炉の炉心設計、MOX 燃料製造技術、燃料燃焼等に関し、総合的な技術を有する機関であり、本研究課題は実用化戦略調査研究との関連も深く、緊急性、重要性や社会的・経済的ニーズの点を考慮しても、サイクル機構が優先して実施すべき課題であると考えられる。

- 関連技術動向が的確に把握されているか。

パイバック燃料製造技術や BN-600 の炉心・燃料設計等に係る共同研究等を通じてこれらの技術の知見の獲得と増進を図ることは、我が国の競争力ある技術開発の推進に役立つと考える。

2. 研究開発目標

- 目標の設定・水準は適切か。

解体プルトニウムを MOX 燃料に転換し原子炉で燃焼させることは、技術として現実性が高いだけでなく、解体プルトニウムを燃焼により減少させ、より核不拡散抵抗性のある強い放射能を含む使用済燃料に転換させることができることから、設定された目標は適切である。

- 目的・意義達成のために十分な目標設定となっているか。

解体プルトニウム処分を早期に実現するために、現実性の高い技術の利用を考慮しつつ、研究開発課題が設定され、計画が策定された。設定された課題は、それぞれ解体プルトニウムを処分するために目標が設定されており、それらは適切である。

- ブレークスルーすべき点が明確か。

解体プルトニウム処分を早期実現するために、現実性の高い技術の利用を基本としている。従って、技術開発の観点から、大きくブレークスルーすべき点があるとは思えないことから、本設問の回答は不要と考える。

- 状況に応じて適切に見直しが行われているか。

研究開発項目が見直され、変更された。この変更では、研究開発の意義及び必要性、そしてコストの点から検討されており、適切な見直しが行われている。

- 関連技術動向が的確に反映されているか。

既存炉で良好な運転実績があり、パイバック MOX 燃料の照射実績もある BN-600 炉を用いること、パイバック燃料については RIAR で製造と照射実績がありことから、これらの技術を利

用することにより、解体プルトニウム処分の実現性が高いと考えられ、関連技術動向が的確に反映されていると言える。

3. 研究開発計画

○ 研究開発項目の設定・内容、スケジュール、項目相互間の関連性等は具体的で妥当なものか。

本プロジェクトを準備段階と実施段階のフェーズに分け、それぞれにおける研究開発項目は、具体的で妥当なものになっている。

準備段階のフェーズ0では、ロシアの臨界実験装置 BFS-2 を用いた臨界実験と小数体の MOX バイバック燃料の製造・照射試験、フルMOXコスト評価が実施され、実施内容、使用施設ともに適当である。

実施段階のフェーズ1では、技術開発要素が高い項目について分担するという適切な方針の下に、BN600 炉心設計・燃料設計、安全解析を実施し、MOX バイバック燃料の解体Pu処分のデモの照射が開始された。今後、照射後試験等が予定されている。一連の結果から、ロシアの解体核の処理に協力しつつ日本にとって必要な技術の調査と研究を進めることができるようになっている。また、実用化への道筋も明確になっている。

○ 資金計画（予算の規模・配分）は妥当であるか。

妥当であると考ええる。

○ 計画見直しの機動性（状況に応じて計画の見直しを適切に行っているか。）

研究開発項目が見直され、変更された。この変更では、研究開発の意義及び必要性、そしてコストの点から検討されており、適切な見直しが行われている。

○ 使用する施設・設備は適当か。

BFS は、現在、世界で稼働中の3基の高速炉臨界実験装置の一つであり、Pu 核燃料の保有量は世界最大である。また、実験技術レベルも高く、これまでに BN-600 を始めとする多数の核特性評価炉物理実験が実施されてきた。この点から、炉心核特性評価実験の実施施設として適している。

RIAR は、バイバック燃料の製造技術に関して、世界的にも RIAR に最も技術的蓄積があり、協力相手機関として適している。

○ 関連技術動向が的確に反映されているか。

BFS を用いた臨界実験の実施及び日露の解析結果を比較により、現行核設計精度を評価している。また、バイバック燃料の製造と照射実績がある RIAR 施設の利用等が図られており、解体プルトニウム処分への高い実現性を求めるべく、関連技術動向が的確に反映されていると言える。

○ 研究内容は独創性、創造性に富んだものになっているか。

本プロジェクトは、既存炉で良好な運転実績があり、バイバック MOX 燃料の照射実績もある BN-600 炉を用いて、ロシアで実績のあるバイバック燃料を利用して、解体プルトニウム処分を実施するのであり、多分に既存技術に負うところが大きい。また、協力を通して、これまでにない知見を獲得することが目的であることを考慮すると、研究内容に独創性、創造性を求めることは難しいと考える。実際、成果発表において、学術論文誌への投稿が1件であることから、独創性、創造性を求めることは難しいことが伺える。

○ 実用化への道筋が適切に考えられている

既存炉で良好な運転実績がある BN600 をハイブリッド化するための炉心設計及び燃料設計を確実に進めるべく、臨界実験による核特性評価、バイバック MOX 燃料の照射試験を実施するとともに、安全解析、コスト評価等を実施して、実用化への道筋が適切に示されている。

4. 研究実施体制

○ 組織、人員・人材の配置、研究グループ間の連携、委員会の活用、運営等は妥当なものか。

担当する部署が多岐に渡っているが、全体として調和して研究開発が進められていることから、組織、人員・人材の配置、研究グループ間の連携が適切に行われたと評価する。また、事前評価での指摘を反映して、「解体プルトニウム処分協力検討委員会」を設置し、計画の進め方等について専門家の意見が反映された。

○ 他機関との協力・連携（国際協力を含む）は適切か。

本プロジェクトは国際政治上の戦略的プロジェクトであるため、G8、米ロとの政府間協議に参画等が図られた。また、ロシア国内の研究機関との連携及び有効な活用が行われた。その結果、当初計画を着実に実施し、全体目的が達成されていることから、他機関との協力・連携は適切と思われる。

5. 研究成果

①得られた成果の内容

○ 達成された具体的な成果について、水準、質、意義、当該分野への寄与の程度等の評価
BFS臨界実験では、実験解析及びロシアとの結果の相互比較を通して、現行解析手法の核設計精度を評価した。また、統合炉定数作成へのデータベースの拡充が図られた。これらは、核設計精度向上への寄与が期待される。

パイバック燃料製造・照射試験では、燃料製造におけるノウハウが取得され、少数体の照射試験及びデモ処分への照射が確実に実施された。今後の照射後試験の実施により、パイバック MOX 燃料の有効性やコスト等の評価ができ、高速炉核燃料サイクルへの導入効果の検討等が期待される。

フルMOXコスト評価では、炉心構成が明確にされ、年間処分量が定量評価された。これらは、本概念の意義を明確にするともに、目標達成を評価するのに有効である。

BN600炉心・燃料設計及び安全解析では、得られた情報・知見等が、今後の高速炉リサイクルシステム研究開発へ寄与することが大いに期待される。

○ 計画と比較した達成度（要因分析を含む）

フェーズ0は、当初の計画どおり達成できたと判断できる。また、フェーズ1では、RIAR施設整備において、契約調整に想定外の時間を要したため、当初計画から遅れているが、それ以外は概ね計画通りに進められており、計画全体としては、十分な達成度であると評価できる。

○ 費用対効果（投入した費用に見合った成果が得られているか。）

BFSでの実験、3体デモ照射等では、十分な費用対効果が得られていると思われるが、RIAR施設整備は、今後の成果を待って判断が必要である。

②実用化との関係

○ 実用化（解体プルトニウム処分）への技術的見通し。

炉心設計・燃料設計及びコスト評価等から、解体プルトニウムの処分に対する高速炉の有効性を示すことができている。今後の21体デモ照射の照射後解析の結果により、その有効性と実用化への技術的見通しに対する実証が期待される。

○ 実用化（解体プルトニウム処分）のために必要な技術開発課題は何か。

前述のように、今後の21体デモ照射の照射後解析の結果が、これまでの研究開発に関する有効性と実用化への技術的見通しに対する実証と考えられ、照射後解析結果が待たれる。

③得られた成果の普及、公開

○ 成果の普及・活用は期待できるか。（わが国のFBR研究開発にも役立つか。）

解体プルトニウムの処分に対する高速炉の有効性を示すことができ、その過程で得られる技術的知見は実用化戦略調査研究を始めサイクル機構の今後の研究開発業務に寄与することが期待される。

パイバック燃料は、将来の高速炉燃料製造技術の有力な候補であり、燃料サイクルコストの低減が期待できる。この燃料製造技術とその燃料挙動に関する技術的知見の獲得、炉心・燃料設計及び安全解析における技術のノウハウと多大の情報は、今後の高速炉開発に有益であると思われる。

○ 当該分野への効果はあるか。（解体プルトニウムの処分に役立つか、核不拡散に寄与するか）

フルMOXコスト評価において、年間処分量が定量評価され、解体プルトニウムの処分に役立つことが示された。今後のデモ照射のPIEにより、それが実証されると期待される。この結果により、より一層、プルトニウム処分への有用性が示されると期待され、その結果、核不拡散への寄与が示されるであろう。

○ 成果発表、特許出願・取得等の実績

学会、国際会議、専門誌等での成果報告が、適切に行われている。

○ 広報は積極的、効果的に

国際フォーラムでの発表・報告、及びプレス発表が行われており、広報活動は積極的に実施されたと思われる。

6. 今後の展開

先にも述べたように、RIAR施設整備の完了が待たれ、その後のデモ照射のPIEの結果に期待する。

7. その他（上記項目に当てはめ難い評価意見）

8. 総合評価（上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断）

本プロジェクトは、ロシア解体プルトニウムの処分への協力と、それに係る技術開発を通して我が国の核燃料サイクル技術の向上を目的とするものであり、核兵器縮減、核不拡散に関する国際貢献へ多大に寄与する。また、研究開発を通して、ロシアから得られる技術的知見、情報等は、今後の我が国における高速炉開発（F Sを含む）に非常に有用である。

本プロジェクトを準備段階（フェーズ0）と実施段階（フェーズ1）に分け、それぞれにおける研究開発項目（一部は、研究開発の意義及び必要性、コストの点から見直され、変更された）は、具体的で妥当なものになっている。

これまでにフェーズ0は、当初の計画どおり達成された。また、フェーズ1では、R I A R 施設整備が当初計画から遅れているが、それ以外は概ね計画通りに進められており、計画全体としては、十分な達成度であると評価できる。

今後、MOX バイバック燃料の解体 P u 処分のデモ照射に関する照射後試験等が確実に進められ、その結果から、本プロジェクトで示された概念が、ロシアの解体核の処理に有効であることを実証されるとともに、得られた知見等が F S へ反映され、高速炉開発へ非常に有用となることを強く期待する。

【意見4】

1. 研究開発の目的・意義

ロシアの解体プルトニウム処分協力と技術開発においては日本側としてはこの研究協力を通じてプルトニウム燃料利用のより有効な技術開発に役立つように運用するという視点が必要である。これが可能となるような日本国内の関連組織のリフォームが望まれる。

この様な観点から本協力は意義、重要性、ニーズ、国の方針との整合性などが認められる。

2. 研究開発目標

3. 研究開発計画

4. 研究実施体制

5. 研究成果

① 得られた成果の内容

② 実用化との関係

①ロシア解体核（プルトニウム）を日本国内の高速増殖炉用の燃料として活用出来る様に処分研究協力の新たな目標を設定する必要がある。

②処分協力から生じるバイバック燃料（P U MOX）は市場経済性があることを立証する視点が求められる。

③ 得られた成果の普及、公開

このロシア解体核（プルトニウム）はプルトニウム燃料（MOX 燃料）として燃焼利用することが世界平和への道に通じるという社会的概念を明確にし、日本国内のMOX 利用へのP A（社会的受容）に役立つように本研究をP R 活動する必要がある。

6. 今後の展開

①今後の進め方のひとつの課題として、ロシアの解体核対応を米欧の様に国家間協定体制で行うことを検討すべきである。

②このロシア解体核（プルトニウム）の平和利用は核燃料サイクルにおける高速増殖炉の開発、実用化への有効な国際共通行動であることを処分協力を通じて明らかにすることが望ましい。

7. その他

8. 総合評価

本協力に対する総合評価としては、国際関係論上の意義と我が国核燃料サイクルの促進という国益論とが同時にさらにP A（社会的受容）されるのが望ましい。

この点を留保すれば、本協力は総合的に評価出来るものである。

【意見5】

1. 研究開発の目的・意義

計画開始時点での目的・意義であった、①ロシア解体核処分への協力と、②バイバック燃料製造に関する技術的知見の取得という2点について、現時点では大きな変更はなく、緊急性も依然として高いものと認められる。ただし、①については米露間の調整やG8の資金調達の点から全体計画に遅れが生じているとされており、バイバックオプション自体が公式の枠組みから外れる、すなわち我が国の国際貢献としての訴求力が低下する可能性も依然として存在する。現時点では、バイバックオプションの公式採用へ向けて、データや実績を蓄積するために研究

開発を推進することに異存はないが、オプション選定が実施された場合を見据え、計画の再考（前倒しや中止等）をも含めた迅速な対応が可能となるよう、検討しておくことも必要であると考え。もし仮に、パイバックオプションが不採用となった場合に、②の目的・意義単独でも本課題を継続して実施していくのか、その場合、計画を縮小し②の目的のみに添うように変更することに対しロシア側の理解が得られるのか等である。

2. 研究開発目標

当初の計画から一部が変更された。変更された項目は妥当であるが、より明確に目標を再考・定義すべき部分も残されていると考える。例えば、近い将来に実施されるであろうオプション選択時に、どのようなデータをどのような精度まで提示することが最低限必須であり、どのようにそのデータを取得していくか。また、パイバックオプションの有利なポジションを主張するために、どのようなデータを付加的にアピールするのか。

これは実用化戦略調査研究への寄与についても同様であり、FS のどの時期にどのようなデータを提供して、どのように反映させるのかをより明らかにするべきであると考え。その場合、パイバック技術の対抗馬となる技術は何と何が想定され、それら対抗馬について得られるであろうデータとパイバックのデータが比較可能なレベルとなるのか、等をも勘案するべきである。

さらに、我が国におけるパイバック関連技術知見の集積という観点から見ると、RIAR からどうしても取得できない知見（RIAR が供与しない知見）が何であるかを見極め、その知見を国内の研究開発でどのように補っていくのかの戦略を検討する時期に来ているのではないか。

3. 研究開発計画

特になし。

4. 研究実施体制

特になし。

5. 研究成果

①得られた成果の内容

少量であれ、実際に解体プルトニウムを処理したという実績は高く評価できる。

②実用化との関係

③得られた成果の普及、公開

日本国内では、全国紙の新聞記事として解体プルトニウム処理の世界初の実績が報道されたと記憶しているが、世界へのアピールとしては、果たしてどれほどのインパクトがあったのか。大きな目標が国際貢献である以上、国内での評価に満足せず、国際的にもアピールするような公報戦略が必要ではないか。

6. 今後の展開

オプション選択の実施や、FS の節目に応じて、目標の再設定と評価を行うべきである。

7. その他（上記項目に当てはめ難い評価意見）

特になし。

8. 総合評価（上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断）

本課題は、それぞれ単独でもプロジェクトを成立させ得る意義・目的を二重に含んでおり、サイクル機構の取り組むべき研究テーマとして非常に重要である。ただし、二重の意義・目的をあいまいにするべきではなく、それぞれに共通する目標と個別の目標を明確に定義し、効率的に計画を進めると共に、状況の変化に応じて柔軟に計画を変更していくことが望まれる。現在までのところ、柔軟な計画変更には対応しているが、目標の定義をより明確化することが望ましいと考えられる。

【意見6】

1. 研究開発の目的・意義

サイクル機構が蓄積してきた原子力平和利用技術を核軍縮・核不拡散に役立てること、パイバック燃料製造等の技術開発・ノウハウの蓄積という2つの目的があり、前者の意義は明確かつ的確である。戦略兵器削減条約のタイムスケジュールにのっとり、ということなので、政治的意味では緊急性が高い。社会的ニーズについては、国民にあまり知られていないように思われるので、もっと周知して世論の形成が必要と思う。

2. 研究開発目標

3. 研究開発計画

4. 研究実施体制

5. 研究成果

①得られた成果の内容

アメリカ、フランスが採用しているペレット燃料の方法よりも、バイバック燃料のほうがプルトニウム1キロあたりの製造処分費は安い、などのデータが示されていたが、こうした利点をもってしてもメインオプションに入らなかったのはなぜか、よくわからなかった。政治的な理由と聞いたが、技術的内容がよくわからないだけに、成果を評価するものさしが他にないので評価しがたい。

②実用化との関係

③得られた成果の普及、公開

6. 今後の展開

7. その他（上記項目に当てはめ難い評価意見）

解体プルトニウム処分については、その技術的内容はもとより、条約締結後の経過、ロシアとの協力関係についてもあまり報道されていないこともあり、内容がよく理解できなかったことは委員として申し訳ない。ただ、原子力平和利用技術による国際貢献であることや、バイバック燃料製造技術と燃料挙動情報が十分に得られれば、FBR燃料の有力な選択肢となることも考えられるというなら、もう少し日本、ロシア双方の国民に周知して、世論の支援を得るべく努めていただきたいと思う。

8. 総合評価（上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断）

【意見7】

1. 研究開発の目的・意義

ハイバックオプションによるロシア解体プル処分への協力を、国際貢献と技術開発の二面性を持つテーマにより進めてきた、及び進めていくことについて、その背景、目的と意義については、事前評価と同じく妥当である。米国及びロシアに事情による研究開発項目の変更が行われているが、国の国際支援策として必要性、重要性、緊急性については事前評価時と変わらず高いものと評価され、サイクル機構が本研究開発をさらに推進していくことは妥当である。

2. 研究開発目標

研究開発が国際政上の戦略プロジェクトである制約の中で、サイクル機構が取得を期待する技術情報について明らかにされており、米国、ロシアの事情による研究開発項目の変更・整理とBN600のフルMOX化の研究課題の追加も適切に行われている。

なお、研究開発目標の当初の2面性からの研究プロジェクトのまとめとともに、サイクル機構のバイバック燃料製造技術の位置づけを明確にした目標設定から本研究開発をとらえ、特にFS調査研究、安全性等へ具体的に発展させFBR次期炉の選択に結べられるようにまとめる事も重要であると考え。関連づけに止まらずにもっと具体的、積極的な形にすることを狙ってもいいのではと考える。

3. 研究開発計画

設定されている研究開発項目に対する開発計画は、それぞれ適切であり、必要な技術情報の取得についても適切に明らかにされている。米国及びロシアに事情による研究開発項目の変更の対応、すなわち一部の項目の除外を行うとともに、核燃サイクルの研究成果を解体プル処分に有効に反映させるためにBN600のフルMOX化のコスト評価を課題として追加設定したことは妥当である。

なお、2.に述べたFS調査研究への具体的な技術展開についても計画の設定を期待したい。

研究開発スケジュールはロシアの状況の影響を受けてやや遅れているとのことであるが、今後の計画についてはハイバックオプションを有効、第一とし、一部研究項目の除外と新たな項目の追加が適切に組み込まれている。関連技術の動向も適切に把握され対応がなされている。

4. 研究実施体制

サイクル機構の研究開発体制、人員は、ロシアとの研究協力と連携の体制が、サイクル機構の研究業務との整合を図りつつ構築されており、さらに先の事前評価で要望されたが外部委員会の設置も行われ、その活用が期待される。

ロシア側に提供される研究開発資金については、妥当性と合理性について十分に確認がなされていくとのことであり、適切であると判断する。

5. 研究成果

①得られた成果の内容

各研究項目についての成果については具体的に示されており、それらの水準、質、意義については特に指摘する所はないが、ロシアとの契約上の遅れの影響も含めて、計画と比較した成果の達成度あるいは進展状況について具体的な説明が示されていないので、できれば数値化して目安を示すのもよいのではと思われる。ロシアへの開発資金の提供であるので、それぞれの研究の達成度を具体的に明らかにしていくことが資金の妥当性の評価に必要と思う。

②実用化との関係

解体プルトニウム処分への実用化への技術的見通しについては、まだ3年の経過であるが、順調に進んでいるように思われる。

③得られた成果の普及、公開

まだ3年の経過であり、解体プルトニウム処分への実用化はなくてはならないものであるが、当然ながら FBR 開発への積極的な関わりとそのための成果の普及ももっと強く打ち出して欲しいと考える。

6. 今後の展開

各研究項目についての今後の展開についてはよく説明されており、全体として妥当なものと評価する。サイクル機構の大きな課題である FBR 実用化の開発へのもっと強力な関わり、フィードバックを積極的にはかってほしいと考える。国の国際的支援策としての2面性に止まらず、サイクル機構の本来の研究課題のあり方からもっと積極的な研究項目の設定を期待したい。

7. その他（上記項目に当てはめ難い評価意見）

8. 総合評価（上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断）

事前評価からの3年の経過に対する評価であるが、当初の計画に対しては全体としてよく進められていると考える。さらにサイクル機構のかかえる研究課題としてもっと FBR 開発への積極的、具体的な展開を図るよう研究計画、課題の設定を期待したい。

【意見8】

1. 研究開発の目的・意義

目的・意義については明確に規定されている。核不拡散、解体核の処分への協力を通して世界平和への貢献など、大義名分は明らかで、その重要性・緊急性はきわめて高いものがある。また本研究が国の方針で実施されていることも明らかで、また実施するための過去の実績、経験、能力の点からしてもサイクル機構が実施するのは当然である。本課題が国際社会で果たす日本の貢献という意味と、それに伴う技術開発という二面性を併せ持つとすれば、許認可への協力、安全確保への国際的なコンセンサス作りも含め、国際貢献としての重要性により大きな価値が見出されると考える。しかしながら、BN600の寿命延長も含め、本課題が実機高速炉の計画であることは極めて貴重で、当課題遂行によって炉物理、新燃料開発、とくに安全研究という技術開発の観点から多くの新しい知見を得ることが期待できる。

2. 研究開発目標

目標の設定とその水準は十分達成可能な範囲にあり適切と考える。各項目に最も多く共通する目標として掲げられているものにロシア許認可の支援があるが、単なる支援に終わらせず、所謂旧西側諸国を中心にして定着している国際的な安全に関する考え方、評価基準、評価手法などに関し、ロシアとのコンセンサス作りを進めるとともに、わが国でも受け入れることができるロシアの安全文化の醸成までを視野に入れて（目標に据えて）是非積極的に貢献していただきたい。そのためには、BN600の許認可の協力において、わが国との安全基準や安全評価についての違いを分析し明らかにして示すとともに、必要に応じて直截な進言も必要と考えられる。とくに格納容器を不要とするロシア側の論理展開については、サイクル機構の経験に基づいて十二分に納得するまで議論していただきたい。

3. 研究開発計画

BN600ハイブリッド炉心変更（設計、安全評価など）、バイバック燃料製造などフェーズ1と称される計画の多くの項目が初期計画から2～3年遅れた見直しになっている。計画は多国間の共同研究である以上、ある程度ムービングターゲット的な性格を有するようであるが、今回報告されたいくつかの計画変更については十分検討の跡があり、ロシア側からの言い分だけでなされたわけではないことが理解できる。その意味では妥当な計画変更であったものと考えられるが、今後ともこの工程がさらに見直しを受ける可能性も考慮に入れつつも、許認可支援には日本の貢献が最重要であることを認識し、サイクル機構現有のマンパワーを有効にかつ最大限

活用できる計画として現実的な対応をお願いしたい。

4. 研究実施体制

概ね研究実施体制は妥当と判断される。ただし、本研究は基本的にサイクル機構を中心に国内メーカーなどの協力を得て行うものとなっているが、これまでの研究実施においてサイクル機構以外の組織の具体的な関与が明確でない。そのため、サイクル機構内部で、他の業務と重複することなく、また無理なくマンパワーが適切に配置されているか、否かの判断は下しにくい。安全評価など、米国、欧州との協力が不可欠である以上、より緊密な国際的な協力体制の構築をサイクル機構の主導の下に早急に実行努力して示していただきたい。

5. 研究成果

①得られた成果の内容

一般的に、計画と比較した達成度についても、ロシア側の対応の遅れ、米国の対応そのものに不確定性が多く、一概に今回の評価で遅れを非難することはできない。計画の遅延も含め全体としてみた場合、BFS-2 臨界実験、バイバック燃料 3 体照射データ評価、BN600 ハイブリッド炉心燃料設計、安全解析など 6 課題について、サイクル機構側の対応はそれなりの達成度を示していると考えられる。充填振動方式に関しては燃料スペック、製造方法など有益な情報が得られていると考えられる。ただし、その水準、質について、ここでは評価困難である。今回はとくに同方式の長所に力点が置かれた報告になっており、(素人からみたら) その欠点や問題点についての報告と議論が少ないように思われる。本当に振動充填方式が他の製造方式に比べて優れているのであろうか、より客観的な比較検討が必要である。

BN600 のハイブリッド炉心燃料およびフル MOX に適用するナトリウムプレナムつき燃料炉心のボイド反応度臨界実験データの取得と解析精度評価実績は今後の日本の高速炉炉心設計にとっても極めて有益である。とくにわが国における実用化段階の高速炉においても、ナトリウムプレナムの採用の是非について安全性、経済性の観点から今後とも検討の価値がある。その検討に実質的に反映できる高い質の情報、データを、本課題の成果はもたらすものと考えられる。また、日本側の安全評価結果に基づく指摘事項を踏まえてロシア側が安全解析結果を見直したことは極めて大きな成果であり、BN600 プラント安全確保のための国際的なコンセンサス作り大きく寄与している。炉心損傷事象評価についても今後同様な成果を強く期待する。

全体として、費用対効果については、ロシア側の対応如何によっては必ずしも楽観すべきでなく、常にその用途、配分の状況について妥当性をチェックすることが必要であろう。

②実用化との関係

バイバック燃料に関するロシア側からの実機経験と日本における MOX 燃料実績を勘案すれば、実用化への技術的見通しに大きな問題はないと考えられる。

③得られた成果の普及、公開

成果発表などについては、専門家や原子力関係者を対象とするものに限られている模様であるが、機会をみて一般市民とくに敦賀近郊や原発立地地点付近の住民への広報(市民講座など)も心がけてほしい。本研究は、二国間、多国間の政府レベルの協議、関与の基に進められているもので、単なる研究協力ではない。その特殊性ゆえに、成果の普及、公開は通常とは異なるものと考えられるが、サイクル機構としては同時に、高速炉もんじゅの再開に対する国民的な合意を得る努力を陰に陽に進める一環として、本研究の内容、意義、成果などをより住民や国民により分かり易い形で広報すべきではないか。とくに、現在、サイクル機構が核兵器解体支援を通し原子力平和利用に積極的な国際貢献を行っていることや国際的な安全性コンセンサスの醸成への貢献、高速炉が何故解体核処理に適切か、つまり高速炉がいかに多才で高性能であるか、日本国民が認識しているとは考えられない。このようなことは他の原子力技術全般に言えることであるが、地道な努力を期待したい。

6. 今後の展開

7. その他(上記項目に当てはめ難い評価意見)

研究開発各項目に最も多く共通する目標として掲げられているものにロシア許認可の支援があるが、単なる支援に終わらせず、所謂旧西側諸国を中心にして定着している国際的な安全に関する考え方、評価基準、評価手法などに関し、ロシアとのコンセンサス作りを進めるとともに、わが国でも受け入れることができるロシアの安全文化の醸成までを視野に入れて是非積極的に貢献していただきたい。そのためには、BN600 の許認可の協力において、わが国や欧米諸国との安全基準や安全評価についての違いを分析明らかに示すとともに、必要に応じてロシア当局へ直截な進言も必要と考えられる。とくに格納容器を不要とするロシア側の論理展開については、サイクル機構の経験に基づいて十二分に納得するまで議論していただきたい。

8. 総合評価（上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断）

本課題は、国際貢献と実質的な研究課題の二面性を持つ特殊なものであるが、国際貢献の中には国際政治上での戦略的プロジェクトという解体核処理への直接的な貢献のみでなく、許認可支援を通し、高速炉の安全目標の設定、安全確保の考え方、さらにはロシアにおける普遍的な安全文化の浸透という意味があり、本課題の実施はその意味で、サイクル機構が原子力の安全性において世界をリードする大きなチャンスと捉えることができる。研究開発計画については情勢の変化に臨機応変に対応しつつも目標達成を常に念頭に置く姿勢を堅持していると考ええる。体制についても、同様で、今後ロシアおよび米国、欧州とのより緊密な連携に対処すべく組織的な対応を期待したい。

本課題を通して、既にいくつかの重要な成果が挙がりつつある。その代表例は BN600 炉心変更に関わる臨界実験データの取得と評価実績、日本側の安全評価結果に基づいたロシア側の安全解析結果の見直しであり、BN600 プラント安全確保のための国際的なコンセンサス作りに大きく寄与している。

一方で、本課題が極めて重要でありながら、一般国民への PR が不足気味であるのは、他の課題と同様である。PR の視点の問題もあるが、技術的には高度な中身でも、国民が期待している情報を適切に取捨選択して、分かり易く広報することは、しいてはもんじゅの再開にとってもプラスになることはあってもマイナスになることはない。

【意見9】

1. 研究開発の目的・意義

ロシアの解体プルトニウム処分への技術協力はわが国が国際公約したものであり、またそれ以上に詐取や盗難などの意図せざる核物質流出によって第三国に核拡散が起きればわが国の安全保障が直接脅かされる事態にもなるため、本課題の社会的意義・重要性は明らかである。さらに、パイバック燃料製造技術という将来の FBR サイクル実用化のための有力オプションについて、実用規模の技術開発をわが国単独で行うよりも低コストで行うよい機会であり、わが国の FBR サイクル技術開発にとっての貢献も期待できる。FBR 炉心・燃料技術にとっても、近年、実機や大型装置を用いての試験データ、照射データの取得機会が減少している中、比較的低コストで FBR 実用化に有用なデータを入手するのに有効な機会であると考えられる。本件のような技術開発課題を民間に期待することは考えられず国が主導して実施すべきであり、また FBR サイクル技術に対する技術的能力を必要とすることから、サイクル機構が実施することはきわめて妥当である。

2. 研究開発目標

パイバックオプションの目標は具体的で明確である。パイバック燃料製造技術についてはロシアで経験があること、すでに照射実績が得られつつあることから実現困難なオプションであるとは考えられない。ただし、目標達成までにいかなる技術的困難が予想されるかのリストを作成し、目標達成レベルをモニタすべきであろう。このとき解体プルの処分という当面の目標と平行して、将来の FBR サイクル実用化という観点からブレイクスルーすべき点のリストも作成すべきであろう。事前評価以降の研究開発項目の見直しは妥当であると考えられる。本件の場合、米露両国の事情や意向で研究計画が左右されることが今後とも生じかねないが、わが国の意志を主張して両国に振りまわされることなく進めることを期待する。

3. 研究開発計画

わが国が分担している研究開発項目は概ね順調に進捗しているが、それ以外の項目についてはかなり計画よりも遅れている。計画が遅れることにより、期待された情報が入手できないまま追加資金が必要になることのないよう、ロシア側との交渉が必要である。

4. 研究実施体制

わが国の研究実施体制は妥当であると考えられるが、ロシア側がどの程度のリソース（資金、人員）を割いているかをワッチし、研究開発計画の円滑な実施のために必要な要求はすべきであろう。また、計画がある段階に至ったならば短期間の打合せ会合だけでなくやや長期の人員派遣を行って、進捗状況の把握と情報の取得にあたることは提供した資金に見合う成果を回収する上で不可欠であろう。

5. 研究成果

①得られた成果の内容

臨界実験：既に実施計画の大半を終了し、当初期待された成果が得られている。

3体デモ照射：試験燃料の製造と照射が計画どおりに終了したことは大きな成果であり、バ

イバック燃料照射挙動の予備的知見も得られ照射後試験計画も策定された。ただし、最終的な成果は照射後試験の結果を待たなければならない。

コスト評価：バイバックオプションの経済的優位性が示され、また燃料製造施設の建設コスト評価がほぼ妥当なものであることが確認され、目標を達成した。ただし評価の精度が問題であり、今後の進展によって得られる情報により評価の見なおしを適宜続ける必要がある。

炉心・燃料設計：ロシア側設計の妥当性評価に必要な設計情報をほぼ入手し、内容確認及び核設計成立性確認が完了したので、全体計画に照らして十分な達成度である。

安全解析：日本側は計画どおりに安全評価レビューを完了して問題項目の指摘を行っており、当初期待された成果が得られている。指摘項目に対してロシア側がどう応じているかをワッチするとともに、米国分担分についてどうするか明確にする必要がある。

RIAR 施設整備：国内 R&D については順調に成果が得られているが、施設整備計画が遅れているためかロシア側からまだ十分な成果が得られていない。このテーマは予算も期待される成果も大きいので、今後の実施計画の順守についてロシア側に努力を求めべきである。

②実用化との関係

臨界実験：ロシアの核設計精度がわが国とほぼ同レベルにあることが確認されたので、BN600 炉心設計への見通しは得られた。

3 体デモ照射：綿密な照射後試験が実施されたならば、バイバック燃料による解体プルトニウム処理に必要な知見が得られるものと期待される。

コスト評価：バイバックオプションの推進にとって有用な情報を提供し得た。

炉心・燃料設計：核設計成立性については見とおしが得られているが、その他の設計項目については今後の進捗を待たなければならない。

安全解析：安全評価技術についてはわが国の方が進んでいるので、ロシアの許認可を支援することはバイバックオプション実現のために有効である。

RIAR 施設整備：国内 R&D では施設整備にとって重要な知見が得られている。

③得られた成果の普及、公開

臨界実験：統合炉定数への反映が行われており、わが国 FBR 炉心設計の精度向上に役立つと期待される。

3 体デモ照射：綿密な照射後試験が実施されたならば、バイバック燃料実用化に必要な知見が得られるものと期待される。

コスト評価：わが国でバイバック燃料製造を行う場合、解体プルトニウムではないことやロシアとの国情の違いから、このコスト評価が直接参考になるとは考えられない。しかし、同様の評価を行う場合の課題程度は経験として参考になるのではないか。

炉心・燃料設計：バイバック燃料を用いた FBR 設計に有用な情報を入手できた。ただし燃料設計手法を確立するためには、試験照射の成果を反映した燃料挙動解析手法の開発が不可欠であり、今後の研究が必要である。

安全解析：既存安全解析コードのバイバック燃料モデルの改良に反映されており、バイバック燃料を用いた FBR 実用化に寄与する。また、FBR 安全評価についての国際的コンセンサス形成にも寄与する。

RIAR 施設整備：バイバック燃料の実用化にとって重要な知見が得られている。今後は製造条件などについて、ロシア側から投資に見合う内容の情報を引出すことに努力すべきである。

得られた学術的成果については学会などで十分な発表がなされていると思われる。一方、一般社会に対しても核軍縮にわが国の原子力技術が貢献していることを機会あるごとにアピールして行くことが、原子力の社会的受容にとって重要である。

6. 今後の展開

特になし。

7. その他

特になし。

8. 総合評価

研究開発の目的・意義についてはプロジェクトの性格から明確かつ具体的である。わが国が分担しているテーマについては順調に進捗し、ほぼ期待された成果が得られていると判断されるが、その他のテーマについては国情の違いもあって計画が遅れており、まだ十分な成果・進

抄を見ていないものもある。計画よりも遅れているテーマについては米露両国と十分に協議を行い、プロジェクト管理を十分に行って行く必要があると考えられる。また、どのような知見を得ておくことがわが国 FBR サイクル実用化に貢献し得るかを今後とも確認しつつ、研究開発計画を実施して行くことが重要である。

【意見10】

1. 研究開発の目的・意義

- 1) 解体プルトニウムの処分という核不拡散の観点から重要性は認められるが、緊急性はそれ程なく、むしろロシア側のペースに合わせるのではなく、JNC側の必要性に応じて着実に成果を挙げる方向で柔軟に対応した計画を遂行することが望ましい。
- 2) 本技術開発に含まれるパイバック燃料製造技術に関する知見は、高速増殖技術に関係深く重要であり、実用化戦略調査研究との関連上も意義深く、サイクル機構が優先して実施すべき課題である。

2. 研究開発目標

本開発の目的は事前評価の時にも指摘したように、核不拡散への貢献と高速炉実用化戦略調査研究への成果反映の二面性を持っている。中間評価の成果からは前者の方に重点を置いた表現の方が良いと考える。

3. 研究開発計画

- 1) 燃料サイクルのコスト低減の1つの方策としてパイバック燃料製造技術をとらえるのは妥当であるが、現時点での成果ではコスト評価を正確に行えない。一層の充実した成果を挙げて欲しい。

4. 研究実施体制

燃料製造施設 (RIAR) の改造 (設備増強) に対する新たなコスト負担もしない方向で計画を進めるべきである。可能ならばアメリカとの経費分担も考えるべきであろう。

5. 研究成果

①得られた成果の内容

計画の遅れは多少あるものの得られた成果は概ね妥当である。しかしながらJNC側も、日本国内で本プロジェクトで入手不可能、疑問点等の解明の為に、独自に研究開発を進めて成果の迅速で効率的活用を進めること。

②実用化との関係

③得られた成果の普及、公開

- ・ 本研究の成果は、核不拡散に寄与する国際協力上有益なものである。
- ・ 本研究の成果は、我が国のFBR研究開発にも十分活用できるものと考えられるが、高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究に直接的に関連づける必要はない。

6. 今後の展開

7. その他 (上記項目に当てはめ難い評価意見)

8. 総合評価 (上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断)

本技術開発は、原子力平和利用の観点から重要な課題であり、ロシアを相手に慎重かつ着実に成果を挙げていると評価する。

【意見11】

1. 研究開発の目的・意義

ロシア解体プルトニウム処分に対するわが国の国際貢献策として、解体プルトニウムをMOX燃料に変換し、ロシアの高速炉BN600で燃焼させることによって処分する構想に係わる技術開発に関して、サイクル機構がこれまで蓄積してきた原子力平和利用技術を活用して、核軍縮・核不拡散に貢献する一方、ロシアで開発された振動充填燃料製造技術に係わる共同研究および作業経験等に基づく知見の獲得を図るとともに、BN600炉心・燃料設計等の実機での経験を蓄積し、サイクル機構が進める研究開発業務に最大限活用していくという研究目的およびその意義は理解できるし、国の計画・方針との整合性もあり、その重要性も高く、サイクル機構が実施すべき課題であると思う。しかし、ロシアの事情が必ずしもよくわかっていなかったことや、機微情報の取り扱いについての問題、成果に対する平和利用への担保の問題等で、スケジュールに遅れが生じているとのことから、国際貢献とともにそれを通して、機微情報が絡んだ技術開発成果を獲得することを目的とすることの難しさを感じざるをえない。この種の問題に対して、政府がどのように関与したのか、サイクル機構だけで解決できるものではなく、国が一丸とな

って取り組まなければならない課題であったといえる。取り組み体制について、反省すべきことがあれば、それらをしっかり整理しておくことも必要と思われる。

2. 研究開発目標

BN600の炉心・燃料設計、RIAR施設の整備およびフルMOX化の技術課題の整理と概略コスト評価に必要な基礎的なデータならびに実機でのデータを取得して、定量的評価をすることが最終的な目的であると思われるが、データベースの拡充に主眼がおかれているように見られる。特に振動充填燃料製造については、FSへの反映を考えていることから、どのようなデータを取得することが必須であり、その際の条件が解体核のプルトニウムの特性とわが国で考えている高速炉用燃料の特性の違いを十分考えての目標としてもう少し具体的な内容を明らかにしてほしい。それらを通して、ブレークスルーすべき点が明確になっているかの判断がしやすくなるとと思われるし、関連技術動向が的確に反映された目標設定となっているかの判断も可能となる。さらに、研究開発目標と3における研究開発計画との整合性が判断しやすくなるとと思われる。

3. 研究開発計画

ロシア事情の的確な把握の困難さ、機微情報の取り扱い、成果に対する平和利用への担保等の問題等でスケジュールに遅れが生じたことや、解体核プルトニウムの処分に対する取り組みの社会状況の変化によって、当初の計画およびスケジュールが遅れが生じ、また、計画の変更を余儀なくされていることから、研究開発項目相互間の関連性の妥当性についての判断がしにくくなっているように思われる。今後も似たような状況が起こることが考えられることから、関連技術動向を基に、的を絞ってのデータの取得とそれに基づく評価手法の開発に重点を移すべきではないかと思われる。

【意見12】

1. 研究開発の目的・意義

2. 研究開発目標

「フルMOXコスト評価」については、明確な「高速炉サイクルの実用化戦略調査研究(FS)」の項目への直接の反映はないとしているが、バイバック燃料製造施設のコスト試算など、FSと密接な関連があると思われる項目が含まれているので、できるだけ直接反映できるように考慮してほしい。

3. 研究開発計画

4. 研究実施体制

5. 研究成果

①得られた成果の内容

②実用化との関係

③得られた成果の普及、公開

6. 今後の展開

7. その他（上記項目に当てはめ難い評価意見）

「高速炉サイクルの実用化戦略調査研究」のように、核燃料サイクル開発機構が進める研究開発業務には、開発する内容が「ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発」と関連するものがいくつかあると思われる。それらの研究開発業務の目標を達成するために必要となる技術情報の入手可能性も予め検討した上で、この技術開発を進めてほしい。

8. 総合評価（上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断）

【意見13】

1. 研究開発の目的・意義

解体プルトニウム処分については、G8グローバル・パートナーシップでの取り組みもあり、目的・意義や重要性については、十分明確である。サイクル機構の関与については、所掌の官庁が複数あり、十分に調整されていないと感じた。

2. 研究開発目標

目標設定や技術的ブレークスルーについては、日露双方にとって適的なものである。

3. 研究開発計画

研究開発計画は、短・中・長期的にわたって整合的に作られているが、資金計画については国内的な調整が必要と感じた。

4. 研究実施体制

研究グループは良好に運営されており、ロシア側との関係も順調と感じた。

5. 研究成果

①得られた成果の内容

解体Puを商業炉等を利用して使用済燃料基準とするこの具体的成果は、国際的に見ても高く評価すべきではないか。

②実用化との関係

ロシア側高速炉の安全・安定的運転にかかるところが大きく、判断が難しい。

③得られた成果の普及、公開

可能な余剰Puの処分量を考えれば、不拡散体制への効果は大きい。

6. 今後の展開

国内体制の整備（省庁間連絡会議、非核支援技術事務局の位置付け、政治的なリーダーシップ等）を前提として、総合的な判断をすべきではないか。

7. その他（上記項目に当てはめ難い評価意見）

8. 総合評価（上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断）

現在までのところ、技術的・政治的に機微な課題に積極的に取り組み、成果を残している点を評価したい。

以上

参 考 資 料

核燃料サイクル開発機構

参 考 資 料 目 次

- 参考資料 1 研究開発課題の中間評価について（諮問）
- 参考資料 2 評価結果に対する措置
- 参考資料 3 課題評価委員会の評価意見に対するサイクル機構の見解
- 参考資料 4 ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発（課題説明資料）
[研究開発課題説明資料(本文)]
[補足説明資料（課題評価委員会からの質問に対する回答）]
[用語の説明]
- 参考資料 5 ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発（OHP資料）

参 考 資 料 1

研究開発課題の中間評価について（諮問）

14 サイクル機構(企)078
平成14年11月19日

研究開発課題評価委員会

(高速炉・燃料サイクル課題評価委員会)

委員長 岡 芳明 殿

核燃料サイクル開発機構

理事長 都甲 泰正

研究開発課題の中間評価について（諮問）

研究開発外部評価規程第7条第1項に基づき、次の事項について諮問致します。

・ 諮問事項

「ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発」に関する中間評価

以上

参 考 資 料 2

評価結果に対する措置

研究開発課題評価委員会
「ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発」の評価結果
(中間評価)に対する措置

平成 15 年 5 月 29 日
核燃料サイクル開発機構

「ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発」のうち、平成 11 年度の事前評価以降実施している BN600 バイパック燃料オプション（以下、「バイパックオプション」という）の推進に係るこれまでの成果や今後の進め方について、概ね妥当という評価を頂いたので、この方針に従い目標の完遂を目指して、技術開発を進めていくこととします。なお、頂戴したご指摘、ご意見については拝承して今後の技術開発に反映する他、以下の措置をとることとします。

1. 課題の目的・意義

(1)「現時点では、バイパックオプションの公式採用へ向けて、データや実績を蓄積するために研究開発を推進することに異存はないものの、バイパックオプション選定の可否を見据え、迅速な対応が可能となるよう、検討しておくことも必要である」との指摘に対し、

本研究開発は、将来の核燃料サイクルにおける有望な選択肢のひとつであるバイパック燃料製造技術の研究開発に反映できる情報を入手すべく作業を進めております。今後 2 年間で共同研究の残りの項目が完了いたしますが、これらの入手データ等によりロシアから得られるバイパックオプションの採択を判断するための必要な情報はすべて入手でき、研究開発の推進に支障はありません。また現在 G8 等で検討されているロシア解体プル処分シナリオでのバイパックオプションの公式採用については、その採用に向けて文部科学省の指導の下、今後とも継続して技術的支援を行います。

2. 研究開発目標

(1)「処分オプション選択時、実処分段階への移行時等計画の節目に応じて、より明確に目標を再考・定義するべき部分も残されていると考える。これは高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究（以下、「実用化戦略調査研究」という。）への寄与についても同様である」との指摘に対し、

バイパックオプションをロシア解体プル処分オプションとして選択することに関しては、現在 G8、米露間等で議論の俎上に上っている状況で、核燃料サイクル開発機構（以下、サイクル機構）というとしてはそれらの場で日本提案が採用されるべく側面から技術的支援を行っています。今後コスト評価等を通じて G8 等の間でシナリオ選定が行われると考えられます。サイクル機構としては処分計画の節目に応じてサイクル機構と日本原子力研究所が統合された新法

人のミッションとの関係でどのような協力が行えるかについて検討することになると考えます。実用化戦略調査研究への寄与については、フェーズ2で技術成立性、コスト評価に活用できるよう努めてまいります。

3. 研究開発計画

個別の研究開発計画については、適切とのご評価を頂き、特に措置を求められるご指摘はありませんでした。

4. 研究実施体制

(1)「ロシアへの人員派遣はあまり多くない。これにはロシア側の事情による制限もあろうが、バイパック燃料製造技術を中心としてもっとエキスパートの長期滞在が行われてよいのではないかと感じられる」との指摘に対し、

成果をサイクル機構が進める核燃料サイクル技術の研究開発に反映できるようにするため、特に重要な技術（照射後試験、燃料製造装置据付、燃料製造施設試運転等）取得の時期にサイクル機構の専門技術者を数週間～1ヶ月に亘りロシアへ長期派遣して、より深いロシア技術の理解・取得ができるよう努めます。

5. 研究成果

(1)「評価の精度については、バイパックオプションの推進の状況に応じて評価の見直しを適宜続ける必要がある。またバイパック燃料製造施設のコスト試算など、実用化戦略調査研究等と密接な関連があると思われる項目が含まれているので、できるだけ直接反映できるように考慮すべきである」との指摘に対し、

フルMOXのコスト評価についてはロシアの評価結果を受け取っていますが、今後これに基づいて国内評価を実施し、妥当性の評価、評価精度の向上を行い、その結果を実用化戦略調査研究に対し他の候補と比較できるようデータの提示を行います。

(2)「RIAR施設整備は、まだ燃料製造から得られる工学的知見に係る成果を評価するのに十分な情報が得られておらず今後の成果を待って判断が必要である。またRIARから取得できない知見が何であるかを見極め、その知見を国内の研究開発でどのように補っていくかなどバイパック燃料に係る技術開発戦略を検討する時期に来ているのではなかろうか」との指摘に対し、

RIAR施設整備は、1体の燃料集合体試作までを契約作業の範囲としており、今後長期滞在等により情報入手を行い可能な限り工学的なデータの信頼性を高めるよう努めます。RIARから入手困難な情報、今後補っていくべき知見について見極め、国内のバイパック燃料試験体による特性試験、実用化戦略調査研究の中で進められている国内試験等により、資金的な制約の中でできる限りの評価ができるよう努めてまいります。

(3)「国民が期待している情報を適切に取捨選択して、分かり易く広報することが必要である。またロシア解体プスをMOX燃料として処分することが軍備管理・軍縮の観点から、国際社会全体の合意であることを明確にすることが重要

である。さらに大きな目標が国際貢献である以上、国際的にもアピールするような広報戦略が必要ではなからうか」との指摘に対し、

本件を進めていくに当たっては、国民の皆さんに、新聞掲載や一般雑誌への投稿等を通じ、分かりやすい広報に心がけ、国際社会における本課題の位置付け等への理解を得るよう努めてまいります。また、日本が解体プル処分を通じて国際平和の増進に寄与していることが世界に知られるよう今後とも国際的な会議の場での情報発信に努力します。

6. 今後の展開

(1) 「サイクル機構の大きな課題であるFBR実用化の開発へのもっと強力な関わり、フィードバックを積極的にはかってほしいと考える。国の国際的支援策としての2面性に止まらず、サイクル機構の本来の研究課題のあり方からもっと積極的な研究項目の設定を期待したい」との指摘に対し、

解体プル処分で得られる燃料製造データは、使用済燃料をリサイクルした場合に比較して不純物の少ないリファレンスデータとしての意味をもち、本課題の成果を実用化戦略調査研究にデータとして提示できることに留意して作業を進めてまいります。

7. その他

(1) 「旧西側諸国を中心にして定着している国際的な安全に関する考え方、評価基準、評価手法などに関し、ロシアとのコンセンサス作りを進めることが重要である」との指摘に対し、

ロシアとのBN600の安全性に関するコンセンサス作りに関しては、サイクル機構とロシア物理エネルギー研究所(IPPE)の安全評価の会合にオブザーバーとしてロシアの規制当局(GAN)、米、仏の専門家の出席を得ることで、互いに安全審査の体系、事故事象、炉心損傷事象の考え方、判断基準の情報を共有しつつ安全評価を行っており、今後も積極的にコンセンサス作りを目指して努めてまいります。

以上

参 考 資 料 3

課題評価委員会の評価意見に対する

サイクル機構の見解

(補足説明資料)

本資料は、課題評価委員会での評価意見などにより改訂したものである。

中間評価課題：ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発

課題評価委員会委員の評価意見に対する サイクル機構の見解 (補足説明資料)

平成15年2月

(平成15年6月改訂)

核燃料サイクル開発機構

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>ニーズは高い。また、本研究の開発課題項目の一つであるバイパック燃料製造技術は、MOX 燃料製造におけるコストの低減化が期待でき、その結果、燃料サイクルコストの低減を図ることが期待でき、経済的なニーズがあると考えられる。さらに、このような照射試験は、国内での実施よりロシアで実施する方が、低コストで実施できると予想されることから、経済的ニーズを満たすと考えることができる。</p> <p>○国の計画・方針との整合性。 原子力平和利用技術を活用して、解体プルトニウムの処分に協力することは、わが国の国際貢献の一つの重要課題である。また、本プロジェクトで得られた知見等は実用化戦略調査研究へ反映されていることから、我が国の高速炉開発計画に寄与したと言える。</p> <p>○サイクル機構が実施すべき課題か。 サイクル機構は、高速炉の炉心設計、MOX 燃料製造技術、燃料燃焼等に関し、総合的な技術を有する機関であり、本研究課題は実用化戦略調査研究との関連も深く、緊急性、重要性や社会的・経済的ニーズの点を考慮しても、サイクル機構が優先して実施すべき課題であると考えられる。</p> <p>○関連技術動向が的確に把握されているか。 バイパック燃料製造技術や BN-600 の炉心・燃料設計等に係る共同研究等を通じてこれらの技術の知見の獲得と増進を図ることは、我が国の競争力ある技術開発の推進に役立つと考える。</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p>
<p>(4) ロシアの解体プルトニウム処分協力と技術開発においては日本側としてはこの研究協力を通じてプルトニウム燃料利用のより有効な技術開発に役立つように運用するという視点が必要である。これが可能となるような日本国内の関連組織のリフォームが望まれる。</p> <p>この様な観点から本協力は意義、重要性、ニーズ、国の方針との整合性などが認められる。</p>	<p>拝承。</p> <p>将来のプルトニウム燃料利用等、研究開発については、バイパック燃料の実用化等の形で FBR 実用化戦略研究(FS)の評価で比較判断が行えるよう成果を提供します。この中で、産業化できるものとなれば、原子力メーカーを含めた産業界全体に展開されることが期待されます。</p> <p>一方、ロシア解体プルトニウム処分協力としては、サイクル機構の範囲では不拡散・軍縮の国際貢献のみを目的とした業務には限界があり、ハイブリッド炉心、フル MOX 炉心と処分が本格化する過程では、主体的な寄与は難しくなります。しかし、現在、原研との 2 法人統合の議論が進んでおり、原子力関連の唯一の研究開発機関となる新法人のミッションとして、これを行うことができるよう検討を進めています。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>(5) 計画開始時点での目的・意義であった、①ロシア解体核処分への協力と、②バイパック燃料製造に関する技術的知見の取得という2点について、現時点では大きな変更はなく、緊急性も依然として高いものと認められる。ただし、①については米露間の調整やG8の資金調達のポイントから全体計画に遅れが生じているとされており、バイパックオプション自体が公式の枠組みから外れる、すなわち我が国の国際貢献としての訴求力が低下する可能性も依然として存在する。</p> <p>現時点では、バイパックオプションの公式採用へ向けて、データや実績を蓄積するために研究開発を推進することに異存はないが、オプション選定が実施された場合を見据え、計画の再考(前倒しや中止等)をも含めた迅速な対応が可能となるよう、検討しておくことも必要であると考え。もし仮に、バイパックオプションが不採用となった場合に、②の目的・意義単独でも本課題を継続して実施していくのか、その場合、計画を縮小し②の目的のみに添うように変更することに対しロシア側の理解が得られるのか等である。</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。 研究開発の観点からは、すでに契約された日露共同研究6テーマの作業が完了すれば必要な情報は契約に基づく技術情報・報告書等で入手できるため、予定通り契約を実施することで目的を達成できると考えています。</p>
<p>(6) サイクル機構が蓄積してきた原子力平和利用技術を核軍縮・核不拡散に役立てること、バイパック燃料製造等の技術開発・ノウハウの蓄積という2つの目的があり、前者の意義は明確かつ的確である。戦略兵器削減条約のタイムスケジュールにのっとり、ということなので、政治的意味では緊急性が高い。社会的ニーズについては、国民にあまり知られていないように思われるので、もっと周知して世論の形成が必要と思う。</p>	<p>拝承。 国民の理解の増進については、その必要性を強く認識しており、今後とも積極的な広報に心がけていきます。</p>
<p>(7) バイパックオプションによるロシア解体プル処分への協力を、国際貢献と技術開発の二面性を持つテーマにより進めてきた、及び進めていくことについて、その背景、目的と意義については、事前評価と同じく妥当である。米国及びロシアの事情による研究開発項目の変更が行われているが、国の国際支援策として必要性、重要性、緊急性については事前評価時と変わらず高いものと評価され、サイクル機構が本研究開発をさらに推進していくことは妥当である。</p>	<p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>(8) 目的・意義については明確に規定されている。核不拡散、解体核の処分への協力を通して世界平和への貢献など、大義名分は明らかで、その重要性・緊急性はきわめて高いものがある。また本研究が国の方針で実施されていることも明らかで、また実施するための過去の実績、経験、能力の点からしてもサイクル機構が実施するのは当然である。本課題が国際社会で果たす日本の貢献という意味と、それに伴う技術開発という二面性を併せ持つとすれば、許認可への協力、安全確保への国際的なコンセンサス作りも含め、国際貢献としての重要性により大きな価値が見出されると考える。しかしながら、BN600の寿命延長も含め、本課題が実機高速炉の計画であることは極めて貴重で、当課題遂行によって炉物理、新燃料開発、とくに安全研究という技術開発の観点から多くの新しい知見を得ることが期待できる。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(9) ロシアの解体プルトニウム処分への技術協力はわが国が国際公約したものであり、またそれ以上に詐取や盗難などの意図せざる核物質流出によって第三国に核拡散が起きればわが国の安全保障が直接脅かされる事態にもなるため、本課題の社会的意義・重要性は明らかである。さらに、バイパック燃料製造技術という将来のFBRサイクル実用化のための有力オプションについて、実用規模の技術開発をわが国単独で行うよりも低コストで行うよい機会であり、わが国のFBRサイクル技術開発にとっての貢献も期待できる。FBR炉心・燃料技術にとっても、近年、実機や大型装置を用いての試験データ、照射データの取得機会が減少している中、比較的lowコストでFBR実用化に有用なデータを入手するのに有効な機会であると考えられる。本件のような技術開発課題を民間に期待することは考えられず国が主導して実施すべきであり、またFBRサイクル技術に対する技術的能力を必要とすることから、サイクル機構が実施することはきわめて妥当である。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(10)1) 解体プルトニウムの処分という核不拡散の観点から重要性は認められるが、緊急性はそれ程なく、むしろロシア側のペースに合わせるのではなく、JNC側の必要性に応じて着実に成果を挙げる方向で柔軟に対応した計画を遂行することが望ましい。</p> <p>2) 本技術開発に含まれるバイパック燃料製造技術に関する知見は、高速増殖技術に関係深く重要であり、実用化戦略調査研究との関連上も意</p>	<p>2000年米露協定に基づいた軍縮・核不拡散のマイルストーンは、2007年末からの工業規模のMOX製造開始となっており、全体計画は遅れ気味であるといっても緊急性は高いと考えます。また、処分の推進にあたっては米露が当事国として実施するので、サイクル機構側の工程で作業を進めるのは、困難な点もあります。</p> <p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>義深く、サイクル機構が優先して実施すべき課題である。</p> <p>(11) ロシア解体プルトニウム処分に対するわが国の国際貢献策として、解体プルトニウムを MOX 燃料に変換し、ロシアの高速炉 BN600 で燃焼させることによって処分する構想に係わる技術開発に関して、サイクル機構がこれまで蓄積してきた原子力平和利用技術を活用して、核軍縮・核不拡散に貢献する一方、ロシアで開発された振動充填燃料製造技術に係わる共同研究および作業経験等に基づく知見の獲得を図るとともに、BN600 炉心・燃料設計等の実機での経験を蓄積し、サイクル機構が進める研究開発業務に最大限活用していくという研究目的およびその意義は理解できるし、国の計画・方針との整合性もあり、その重要性も高く、サイクル機構が実施すべき課題であると思う。</p> <p>しかし、ロシアの事情が必ずしもよくわかっていなかったことや、機微情報の取り扱いについての問題、成果に対する平和利用への担保の問題等で、スケジュールに遅れが生じているとのことから、国際貢献とともにそれを通して、機微情報が絡んだ技術開発成果を獲得することを目的とすることの難しさを感じざるをえない。この種の問題に対して、政府がどのように関与したのか、サイクル機構だけで解決できるものではなく、国が一丸となって取り組まなければならない課題であったといえる。取り組み体制について、反省すべきことがあれば、それらをしっかり整理しておくことも必要と思われる。</p>	<p>拝承。</p> <p>今回の協力に係る技術情報はもとより、協力に当たったの種々の経験についても整理するようにいたします。</p>
<p>(12) 解体プルトニウム処分については、G8 グローバル・パートナーシップでの取り組みもあり、目的・意義や重要性については、十分明確である。サイクル機構の関与については、所掌の官庁が複数あり、十分に調整されていないと感じた。</p>	<p>拝承。</p> <p>日露共研の範囲では、日露両国の研究所間の契約で作業を行っており、平和利用保証口上書等で調整があったものの、作業を推進することが可能でした。実際の処分が進展する段階では、文科省、経産省、外務省と調整すべき点も増えることが予想されますので、文科省を通じて働きかけていきたいと考えます。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
------	-------------------

評価項目： 2. 研究開発目標

<p>(1) バイバックオプションは既存設備を最大限利用でき、コスト及びスケジュール上有利であるのみならず、共同研究、作業及び意見交換を通して知見を得ることはサイクル機構の技術開発ニーズにも合致している。研究開発目標の設定は適切になされており、適切である。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(2)①目標設定等は適切と考える。 ②極めて政治的な課題であるが、その状況に応じて見直しがなされたと考える。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(3) ○目標の設定・水準は適切か。 解体プルトニウムを MOX 燃料に転換し原子炉で燃焼させることは、技術として現実性が高いだけでなく、解体プルトニウムを燃焼により減少させ、より核不拡散抵抗性のある強い放射能を含む使用済燃料に転換させることができることから、設定された目標は適切である。 ○目的・意義達成のための十分な目標設定となっているか。 解体プルトニウム処分を早期に実現するために、現実性の高い技術の利用を考慮しつつ、研究開発課題が設定され、計画が策定された。設定された課題は、それぞれ解体プルトニウムを処分するために目標が設定されており、それらは適切である。 ○ブレークスルーすべき点が明確か。 解体プルトニウム処分を早期実現するために、現実性の高い技術の利用を基本としている。従って、技術開発の観点から、大きくブレークスルーすべき点があるとは思えないことから、本設問の回答は不要と考える。 ○状況に応じて適切に見直しが行われているか。 研究開発項目が見直され、変更された。この変更では、研究開発の意義及び必要性、そしてコストの点から検討されており、適切な見直しが行われている。 ○関連技術動向が的確に反映されているか。 既存炉で良好な運転実績があり、バイバック MOX 燃料の照射実績もある BN-600 炉を用いること、バイバック燃料については RIAR で製造と照射実績</p>	<p>拝承。 拝承。 拝承。 拝承。 拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>があることから、これらの技術を利用することにより、解体プルトニウム処分の実現性が高いと考えられ、関連技術動向が的確に反映されていると言える。</p>	
<p>(4) 当初の計画から一部が変更された。変更された項目は妥当であるが、より明確に目標を再考・定義するべき部分も残されていると考える。例えば、近い将来に実施されるであろうオプション選択時に、どのようなデータをどのような精度まで提示することが最低限必須であり、どのようにそのデータを取得していくか。また、バイバックオプションの有利なポジションを主張するために、どのようなデータを付加的にアピールするのか。</p> <p>これは実用化戦略調査研究への寄与についても同様であり、FS のどの時期にどのようなデータを提供して、どのように反映させるのかをより明らかにするべきであるとする。その場合、バイバック技術の対抗馬となる技術は何と何が想定され、それら対抗馬について得られるであろうデータとバイバックのデータが比較可能なレベルとなるのか、等をも勘案するべきである。</p> <p>さらに、我が国におけるバイバック関連技術知見の集積という観点から見ると、RIAR からどうしても取得できない知見(RIAR が供与しない知見)が何であるかを見極め、その知見を国内の研究開発でどのように補っていくのかの戦略を検討する時期に来ているのではないか。</p>	<p>オプション選択時の必須条件としては、技術的にはオプションの実現性の確認、さらに本格処分に対する適切なシナリオと、コスト等が他のオプションと比較でき、優位性が主張できる見通しが得られていることが重要です。現契約を完結することによりご指摘の必要データが得られ、優位性を示すことができると考えます。これらが得られれば技術的には必要な付加的データはないと考えます。ただし実際の処分オプション選定に対しては、技術的な評価のみならず、国際政治の中で種々の政治的判断が影響すると考えられます。</p> <p>実用化戦略(フェーズ2)では、要素技術、システムの成立性及びコスト等を評価することになっています。RIAR 施設改造では、工学規模の製造施設的设计及び試運転を通じて要素(振動充填、MOX 共析)、システム(遠隔、自動装置)設計とコストに関するデータが入手できます。これらのデータは、FS のフェーズ2において他の候補オプションと比較判断に用いることができるレベルにあると考えます。</p> <p>拝承</p>
<p>(5) 研究開発が国際政上の戦略プロジェクトである制約の中で、サイクル機構が取得を期待する技術情報について明らかにされており、米国、ロシアの事情による研究開発項目の変更・整理とBN600のフルMOX化の研究課題の追加も適切に行われている。</p> <p>なお、研究開発目標の当初の2面性からの研究プロジェクトのまとめとともに、サイクル機構のバイバック燃料製造技術の位置づけを明確にした目標設定から本研究開発をとらえ、特にFS調査研究、安全性等へ具体的に発展させFBR次期炉の選択に結べられるようにまとめる事も重要であるとする。関連づけに止まらずにもっと具体的、積極的な形にすることを狙ってもいいのではと考える。</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>(6) 目標の設定とその水準は十分達成可能な範囲にあり適切と考える。各項目に最も多く共通する目標として掲げられているものにロシア許認可の支援があるが、単なる支援に終わらせず、所謂旧西側諸国を中心にして定着している国際的な安全に関する考え方、評価基準、評価手法などに関し、ロシアとのコンセンサス作りを進めるとともに、わが国でも受け入れることができるロシアの安全文化の醸成までを視野に入れて(目標に据えて)是非積極的に貢献していただきたい。そのためには、BN600の許認可の協力において、わが国との安全基準や安全評価についての違いを分析し明らかに示すとともに、必要に応じて直截な進言も必要と考えられる。とくに格納容器を不要とするロシア側の論理展開については、サイクル機構の経験に基づいて十二分に納得するまで議論していただきたい。</p>	<p>拝承。 安全評価に関する日露間会議は、ロシアの規制当局 GAN の代表者を交えて開催しました。安全解析共研開始前の初期の会合では、日、米より安全審査の体系的組織や判断基準等を紹介して理解促進を図っており、また、安全評価開始以降においては、各事象の評価の考え方、判断基準等を詳細に議論しながら進めております。</p>
<p>(7) バイバックオプションの目標は具体的で明確である。バイバック燃料製造技術についてはロシアで経験があること、すでに照射実績が得られつつあることから実現困難なオプションであるとは考えられない。 ただし、目標達成までにいかなる技術的困難が予想されるかのリストを作成し、目標達成レベルをモニタすべきであろう。このとき解体プルの処分という当面の目標と平行して、将来の FBR サイクル実用化という観点からブレイクスルーすべき点のリストも作成すべきであろう。 事前評価以降の研究開発項目の見直しは妥当であると考え。本件の場合、米露両国の事情や意向で研究計画が左右されることが今後とも生じかねないが、わが国の意志を主張して両国に振りまわされることなく進めることを期待する。</p>	<p>拝承。 本課題の設定にあたり、ハイブリッド化の中で技術的困難が想定されるものについてサイクル機構が行うこととし、これを契約によって実施しています。この契約の遂行がそのまま達成レベルをモニタすることになると考えます。FBR サイクル実用化については、FS の評価で比較判断を行うとともにこの中で有望となれば、高度化すべき点を整理し、実用化の検討を進めます。 R&Dについては、契約に基づいた情報をもとに着実に反映を図ることが可能と考えられますが、処分に関しては、処分の実施が第一義的には米露両国ですので、わが国の主張がそのまま受け入れられないこともあると考えます。</p>
<p>(8) 本開発の目的は事前評価の時にも指摘したように、核不拡散への貢献と高速炉実用化戦略調査研究への成果反映の二面性を持っている。中間評価の成果からは前者の方に重点を置いた表現の方が良いと考える。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(9) BN600 の炉心・燃料設計、RIAR 施設の整備およびフル MOX 化の技術課題の整理と概略コスト評価に必要な基礎的なデータならびに実機でのデータを取得して、定量的評価をすることが最終的な目的であると思われるが、</p>	

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>データベースの拡充に主眼がおかれているように見られる。</p> <p>特に振動充填燃料製造については、FS への反映を考えていることから、どのようなデータを取得することが必須であり、その際の条件が解体核のプルトニウム特性とわが国で考えている高速炉用燃料の特性の違いを十分考えての目標としてももう少し具体的な内容を明らかにしてほしい。それらを通して、ブレイクスルーすべき点が明確になっているかの判断がしやすくなると思われるし、関連技術動向が的確に反映された目標設定となっているかの判断も可能となる。さらに、研究開発目標と3における研究開発計画との整合性が判断しやすくなると思われる。</p>	<p>解体プル処分で得られる燃料製造データは核分裂生成物 (FP) やマイナーアクチニド (MA) が含まれる使用済み燃料をリサイクルした場合に得られるデータとは異なりますが、FP や MA が含まれていない基礎的なデータが得られ、FP や MA が含まれる複雑な条件下でのデータに対するレファレンスデータとしての価値が期待されます。</p> <p>成果の反映については、FS の評価で比較判断を行うとともにこの中で有望となれば、実用化の検討を進めます。</p>
<p>(10) 「フル MOX コスト評価」については、明確な「高速炉サイクルの実用化戦略調査研究 (FS)」の項目への直接の反映はないとしているが、バイパック燃料製造施設のコスト試算など、FS と密接な関連があると思われる項目が含まれているので、できるだけ直接反映できるように考慮してほしい。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(11) 目標設定や技術的ブレイクスルーについては、日露双方にとって適切なものである。</p>	<p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
------	-------------------

評価項目： 3. 研究開発計画

<p>(1) 米国とロシアの主張や事情などを踏まえて当初の研究開発項目のうち 4 項目の見直しと検討追加が行われている。反射体設計、先行照射試験が除外され BN-600 フル MOX 技術課題の整理とコストの概略評価を追加し、デモンストレーション照射を本研究とは別途検討するとしており、いずれも適切である。</p> <p>スケジュールは通信事情の悪さや国際協力に伴う契約など主にロシア側の事情により変更されているが目標達成には支障がないと考えられ適切である。</p> <p>個別の研究開発 6 項目の目標計画について述べると BFS-2 臨界実験は我が国の高速炉核設計データベースの拡充が期待される。3 体 MOX バイパック燃料製造照射試験(3 体デモ照射)は本研究開発の中核であり、バイパック燃料技術の実証という目標を達成する事が期待され、この成果は実用化戦略調査研究にも生かされる事が期待できる。</p> <p>フル MOX コスト評価はコスト面から本オプションの成立性を確認する事を目標としている。BN600 炉心燃料設計は BN600 ハイブリッド炉心のロシア許認可を支援するとともにバイパック燃料を用いた炉心設計の知見を我が国の高速炉基盤研究に反映すると期待できる。BN600 安全解析はロシアの許認可を支援するとともに国際コンセンサスの確立に役立つとともにその知見は基礎基盤研究に反映できると期待できる。RIAR 燃料製造設備の増強は、バイパック燃料製造に係わる設計、製造情報、国内 R&D 試験による燃料製造性や健全性の知見が得られると期待できる。これら 6 項目の計画はいずれも適切であると考えられる。</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p>
<p>(2) ① 本事業の中核となるハードの部分(燃料製造、燃料製造施設整備、照射試験等)の大半はロシアで行なっているのに、その予算は全体の 1/3 強である。残りの 2/3 弱の予算が多い印象(必要性が不明)である。</p> <p>② また、それに見合う成果が見えていない。</p>	<p>各テーマでは、ロシアとの共同研究、国内での成果の妥当性評価、基礎的特性試験等が行われています。日本の物価に比べロシアの物価がきわめて安いので、ロシアの作業に係るコストが割安になります。これが全体の 1/3 強のコストしか掛かっていない大きな原因です。</p> <p>国内での妥当性評価のため、嘱託を採用して評価をしたり、契約やロシアでの作業をスムーズに進めるために種々の経費が必要となり、出張を行い協議する必要も出てきます。これらはまとまった成果ではなく、結果</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>③ 振動充填による燃料製造はロシアの独創性のある技術と考えるが、サイクル機構の独自性、独創性はどこに発揮されたか</p>	<p>的に共同研究が遅滞なく進行する事を支えています。このため見合う成果として見えにくくなっています。もちろん資料でご説明しましたようにいくつかの特性試験の結果も国内評価、解析等で得られています。</p> <p>充填燃料の燃料製造については、ロシアの独自技術であり、サイクル機構の独自性の発揮される領域ではありません。サイクル機構としては、広い意味でのプルトニウムの取り扱い技術、高速炉技術の基礎的な知見を駆使して計画を進めています。</p>
<p>(3)</p> <p>○研究開発項目の設定・内容、スケジュール、項目相互間の関連性等は具体的で妥当なものか。</p> <p>本プロジェクトを準備段階と実施段階のフェーズに分け、それぞれにおける研究開発項目は、具体的で妥当なものになっている。準備段階のフェーズ0では、ロシアの臨界実験装置 BFS-2 を用いた臨界実験と小数体の MOX バイパック燃料の製造・照射試験、フルMOXコスト評価が実施され、実施内容、使用施設ともに適当である。実施段階のフェーズ1では、技術開発要素が高い項目について分担するという適切な方針の下に、BN600炉心設計・燃料設計、安全解析を実施し、MOXバイパック燃料の解体Pu処分のデモの照射が開始された。今後、照射後試験等が予定されている。一連の結果から、ロシアの解体核の処理に協力しつつ日本にとって必要な技術の調査と研究を進めることができるようになってきている。また、実用化への道筋も明確になっている。</p> <p>○資金計画(予算の規模・配分)は妥当であるか。</p> <p>妥当であると考えます。</p> <p>○計画見直しの機動性(状況に応じて計画の見直しを適切に行っているか。)</p> <p>研究開発項目が見直され、変更された。この変更では、研究開発の意義及び必要性、そしてコストの点から検討されており、適切な見直しが行われている。</p> <p>○使用する施設・設備は適当か。</p> <p>BFS は、現在、世界で稼働中の3基の高速炉臨界実験装置の一つであり、Pu 核燃料の保有量は世界最大である。また、実験技術レベルも高く、これまでに BN-600 を始めとする多数の核特性評価炉物理実験が実施されて</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>きた。この点から、炉心核特性評価実験の実施施設として適している。</p> <p>RIARは、バイパック燃料の製造技術に関して、世界的にもRIARに最も技術的蓄積があり、協力相手機関として適している。</p> <p>○関連技術動向が的確に反映されているか。</p> <p>BFSを用いた臨界実験の実施及び日露の解析結果の比較により、現行核設計精度を評価している。また、バイパック燃料の製造と照射実績があるRIAR施設の利用等が図られており、解体プルトニウム処分への高い実現性を求めるべく、関連技術動向が的確に反映されていると言える。</p> <p>○研究内容は独創性、創造性に富んだものになっているか。</p> <p>本プロジェクトは、既存炉で良好な運転実績があり、バイパックMOX燃料の照射実績もあるBN-600炉を用いて、ロシアで実績のあるバイパック燃料を利用して、解体プルトニウム処分を実施するのであり、多分に既存技術に負うところが大きい。</p> <p>また、協力を通して、これまでにない知見を獲得することが目的であることを考慮すると、研究内容に独創性、創造性を求めることは難しいと考える。実際、成果発表において、学術論文誌への投稿が1件であることから、独創性、創造性を求めることは難しいことが伺える。</p> <p>○実用化への道筋が適切に考えられている</p> <p>既存炉で良好な運転実績があるBN-600をハイブリッド化するための炉心設計及び燃料設計を確実に進めるべく、臨界実験による核特性評価、バイパックMOX燃料の照射試験を実施するとともに、安全解析、コスト評価等を実施して、実用化への道筋が適切に示されている。</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p>
<p>(4) 設定されている研究開発項目に対する開発計画は、それぞれ適切であり、必要な技術情報の取得についても適切に明らかにされている。米国及びロシアの事情による研究開発項目の変更の対応、すなわち一部の項目の除外を行うとともに、核燃サイクルの研究成果を解体プル処分に有効に反映させるためにBN600のフルMOX化のコスト評価を課題として追加設定したことは妥当である。</p> <p>なお、2. に述べたFS調査研究への具体的な技術展開についても計画の設定を期待したい。</p> <p>研究開発スケジュールはロシアの状況の影響を受けてやや遅れていると</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>のことであるが、今後の計画についてはバイバックオプションを有効、第一とし、一部研究項目の除外と新たな項目の追加が適切に組み込まれている。関連技術の動向も適切に把握され対応がなされている。</p>	
<p>(5) BN600 ハイブリッド炉心変更(設計、安全評価など)、バイバック燃料製造などフェーズ1と称される計画の多くの項目が初期計画から2~3年遅れた見直しになっている。計画は多国間の共同研究である以上、ある程度ムービングターゲット的な性格を有するようであるが、今回報告されたいくつかの計画変更については十分検討の跡があり、ロシア側からの言い分だけでなされたわけではないことが理解できる。その意味では妥当な計画変更であったものと考えるが、今後ともこの工程がさらに見直しを受ける可能性も考慮に入れつつも、許認可支援には日本の貢献が最重要であることを認識し、サイクル機構現有のマンパワーを有効にかつ最大限活用できる計画として現実的な対応をお願いしたい。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(6) わが国が分担している研究開発項目は概ね順調に進捗しているが、それ以外の項目についてはかなり計画よりも遅れている。計画が遅れることにより、期待された情報が入手できないまま追加資金が必要になることのないよう、ロシア側との交渉が必要である。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(7) 燃料サイクルのコスト低減の1つの方策としてバイバック燃料製造技術をとらえるのは妥当であるが、現時点での成果ではコスト評価を正確に行えない。一層の充実した成果を挙げて欲しい。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(8) ロシア事情の的確な把握の困難さ、機微情報の取り扱い、成果に対する平和利用への担保等の問題等でスケジュールに遅れが生じたことや、解体核プルトニウムの処分に対する取り組みの社会状況の変化によって、当初の計画およびスケジュールに遅れが生じ、また、計画の変更を余儀なくされていることから、研究開発項目相互間の関連性の妥当性についての判断がしにくくなっているように思われる。今後も似たような状況が起こることが考えられることから、関連技術動向を基に、的を絞ってのデータの取得とそれに基づく評価手法の開発に重点を移すべきではないかと思われる。</p>	<p>現在のスケジュールがキープできるようロシア等と交渉を行い、目標とする成果を予定通り得ることに努めます。</p>
<p>(9) 研究開発計画は、短・中・長期的にわたって整合的に作られているが、資金計画については国内的な調整が必要と感じた。</p>	<p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
------	-------------------

評価項目：4. 研究実施体制

<p>(1) 研究開発体制は国内の関係者の英知を結集するとともにロシア側研究機関との密接な協力体制がとられており適切である。なおロシアへの人員派遣はあまり多くない。これにはロシア側の事情による制限もあるが、バイパック燃料製造技術を中心としてもっとエキスパートの長期滞在が行われてよいのではないかと感じられる。日本の自前の関連情報も積極的に提示する事ができれば受け入れ事情や情報交換内容も異なってくるのではなかろうか。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(2) 我が国の複数のメーカーが参加しているが、そこでは何が分担され、どんな成果がそれぞれ出ているのか不明である。また、それはなぜサイクル機構で実施できなかったのか。</p>	<p>メーカーが有している専門性、迅速性等が必要な場合作業を協力して頂いています。国内メーカーの協力としては、燃料関連で乾式転換工程の技術検討、ゲッタ模擬試料試作、顆粒燃料の特性試験等を東芝、日立、NFD等で実施しています。また、炉心設計、安全解析、コスト評価については、東芝、日立、三菱、原燃工等の協力を受けて実施しています。さらに将来バイパック燃料技術の産業化を図る場合、メーカーの参画を促す意味からも、本課題に国内評価として作業協力をして頂くことは重要であると考えます。</p>
<p>(3) ○組織、人員・人材の配置、研究グループ間の連携、委員会の活用、運営等は妥当なものか。 担当する部署が多岐に渡っているが、全体として調和して研究開発が進められていることから、組織、人員・人材の配置、研究グループ間の連携が適切に行われたと評価する。また、事前評価での指摘を反映して、「解体プルトニウム処分協力検討委員会」を設置し、計画の進め方等について専門家の意見が反映された。 ○他機関との協力・連携(国際協力を含む)は適切か。 本プロジェクトは国際政治上の戦略的プロジェクトであるため、G8、米ロとの政府間協議に参画等が図られた。また、ロシア国内の研究機関との連携及び有効な活用が行われた。その結果、当初計画を着実に実施し、全体目的が達成されていることから、他機関との協力・連携は適切と思われる。</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p>
<p>(4) サイクル機構の研究開発体制、人員は、ロシアとの研究協力と連携の体制が、サイクル機構の研究業務との整合を図りつつ構築されており、さらに先</p>	<p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>の事前評価で要望されたが外部委員会の設置も行われ、その活用が期待される。</p> <p>ロシア側に提供される研究開発資金については、妥当性と合理性について十分に確認がなされていくとのことであり、適切であると判断する。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(5) 概ね研究実施体制は妥当と判断される。ただし、本研究は基本的にサイクル機構を中心に国内メーカーなどの協力を得て行うものとなっているが、これまでの研究実施においてサイクル機構以外の組織の具体的な関与が明確でない。そのため、サイクル機構内部で、他の業務と重複することなく、また無理なくマンパワーが適切に配置されているか、否かの判断は下しにくい。</p> <p>安全評価など、米国、欧州との協力が不可欠である以上、より緊密な国際的な協力体制の構築をサイクル機構の主導の下に早急に実行努力して示していただきたい。</p>	<p>拝承。</p> <p>国内メーカーの協力としては、燃料関連で乾式転換工程の技術検討、ゲッタ試作、顆粒燃料の特性試験等を東芝、日立、NFD等で行っています。また、炉心設計、安全解析、コスト評価については、東芝、日立、三菱、原燃工等の協力を受けて実施しています。</p> <p>拝承</p> <p>安全評価については、これまで米国専門家(ANLの安全評価担当)が参加しており、欧州(仏等)にもオブザーバー参加を依頼しています。</p>
<p>(6) わが国の研究実施体制は妥当であると考えているが、ロシア側がどの程度のリソース(資金、人員)を割いているかをワッチし、研究開発計画の円滑な実施のために必要な要求はすべきであろう。また、計画がある段階に至ったならば短期間の打合せ会合だけでなくやや長期の人員派遣を行って、進捗状況の把握と情報の取得にあたることは提供した資金に見合う成果を回収する上で不可欠であろう</p>	<p>拝承。</p> <p>長期の人員派遣に関しては、RIAR 施設整備、3 体デモ照射のテーマで装置据付、試運転、照射後試験等重要な局面で可能なかぎり実施することを考えています。</p>
<p>(7) 燃料製造施設(RIAR)の改造(設備増強)に対する新たなコスト負担もしない方向で計画を進めるべきである。可能ならばアメリカとの経費分担も考えるべきであろう。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(8) 研究グループは良好に運営されており、ロシア側との関係も順調と感じた。</p>	<p>拝承。</p>

評価意見

評価意見に対するサイクル機構の見解

評価項目：5. 研究成果

<p>(1) BFS-2 臨界実験については全試験体系の試験を完了し、炉心の核設計精度に着手するならその成果が着々と積み上げられている。3 体デモ照射試験は照射を終了し間もなく照射後試験が開始されようとしている。ロシア側許可を支援する照射実験結果の一部が得られており評価できる。</p> <p>BN600 フル MOX のコスト評価は BN600 フル MOX 化のための課題を抽出するとともにコスト評価により本オプションの成立性を確認し、G8 における日本提案に反映するところとなっている。即ち年間 1.3 トンの解体プルトニウム処分の技術的可能性が確認されている。パイパック燃料の特徴を生かした燃料製造施設の概念検討とペレット法と比較したコスト合理化の可能性の検討では建設費の試算によりその経済的優位が確認できている。</p> <p>BN600 炉心燃料設計ではハイブリッド炉心・燃料設計のデータを入手するとともにその検討を行い核的な設計成立の可能性を確認している。制御系の反応度収支が成立する事やロシア設計評価式は日本側の想定していた式と異なっており、検討の成果は炉心燃料設計技術の向上に資する事が期待できる。</p> <p>BN600 安全解析は BN600 ハイブリッド炉心の安全解析を実施しロシア側解析結果との比較検討が行われている。成果は日本の高速炉安全設計データベースの拡充に寄与する事が期待できる。</p> <p>RIAR 施設設備については製造ラインの最後の設計段階にあり、一部機器の購入が開始されている。施設安全性に関するロシア国内法規の調査により設計の適合性を確認するとともに実用化戦略調査研究の評価に資するデータが得られている。</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。 FSでの評価のためMAやFPを殆ど含まない解体プルの体系でのデータとして情報を逐次提供してまいります。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p>
<p>(2)</p> <p>①得られた成果の内容</p> <p>○本事業の中核となるハードの部分(燃料製造、燃料製造施設整備、照射試験等)の大半はロシアで行なっているのに、その予算は全体の 1/3 強である。残りの 2/3 弱の予算が多い印象(必要性が不明)である。</p> <p>○また、それに見合う成果が見えていない。</p>	<p>各テーマでは、ロシアとの共同研究、国内での成果の妥当性評価、基礎的特性試験等が行われています。日本の物価に比べロシアの物価がきわめて安いので、ロシアの作業に係るコストが割安になります。これが全体の 1/3 強のコストしか掛かっていない大きな原因です。</p> <p>国内での妥当性評価のため、囑託を採用して評価をしたり、契約やロシ</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>②実用化との関係</p> <p>○経済性評価で、米・露が公表したとあるペレット燃料製造施設に比べはるかに経済的であると結論している。一方、米はペレット法に決め立地を進めており、ロシアにもその方式を勧めているとの説明である。本技術のほうが安価と結論できるならば、積極的に本成果を活用し、この技術が採用されるように働きかけるべきではないか。</p> <p>③得られた成果の普及、公開</p> <p>○我が国の FBR 研究開発、実用化戦略調査研究にも有益な成果が提供できると考える。</p>	<p>アでの作業をスムーズに進めるために種々の経費が必要となり、出張を行い協議する必要も出てきます。これらはまとまった成果ではなく、結果的に共同研究が遅滞なく進行する事を支えています。このため見合う成果として見えにくくなっています。もちろん資料でご説明しましたようにいくつかの特性試験の結果も国内評価、解析等で得られています。</p> <p>拝承</p> <p>ロシアでの解体プル処分について現行のペレット法に比べバイパック法は経済的ですが実際の処分オプション選定に対しては技術的な評価のみならず、国際政治の中で種々の政治的判断が影響すると考えられます。</p> <p>拝承</p>
<p>(3)</p> <p>①得られた成果の内容</p> <p>○達成された具体的な成果について、水準、質、意義、当該分野への寄与の程度等の評価</p> <p>BFS臨界実験では、実験解析及びロシアとの結果の相互比較を通して、現行解析手法の核設計精度を評価した。また、統合炉定数作成へのデータベースの拡充が図られた。これらは、核設計精度向上への寄与が期待される。</p> <p>バイパック燃料製造・照射試験では、燃料製造におけるノウハウが取得され、少数体の照射試験及びデモ処分の照射が確実に実施された。今後の照射後試験の実施により、バイパック MOX 燃料の有効性やコスト等の評価ができ、高速炉核燃料サイクルへの導入効果の検討等が期待される。</p> <p>フルMOXコスト評価では、炉心構成が明確にされ、年間処分量が定量評価された。これらは、本概念の意義を明確にするともに、目標達成を評価するのに有効である。</p> <p>BN600炉心・燃料設計及び安全解析では、得られた情報・知見等が、今後の高速炉リサイクルシステム研究開発へ寄与することが大いに期待され</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>る。</p> <p>○計画と比較した達成度(要因分析を含む) フェーズ0は、当初の計画どおり達成できたと判断できる。また、フェーズ1では、RIAR施設整備において、契約調整に想定外の時間を要したため、当初計画から遅れているが、それ以外は概ね計画通りに進められており、計画全体としては、十分な達成度であると評価できる。</p> <p>○費用対効果(投入した費用に見合った成果が得られているか。) BFSでの実験、3体デモ照射等では、十分な費用対効果が得られていると思われるが、RIAR施設整備は、今後の成果を待って判断が必要である。</p> <p>②実用化との関係</p> <p>○実用化(解体プルトニウム処分)への技術的見通し。 炉心設計・燃料設計及びコスト評価等から、解体プルトニウムの処分に対する高速炉の有効性を示すことができている。今後の21体デモ照射の照射後解析の結果により、その有効性と実用化への技術的見通しに対する実証が期待される。</p> <p>○実用化(解体プルトニウム処分)のために必要な技術開発課題は何か。 前述のように、今後の21体デモ照射の照射後解析の結果が、これまでの研究開発に関する有効性と実用化への技術的見通しに対する実証と考えられ、照射後解析結果が待たれる。</p> <p>③得られた成果の普及、公開</p> <p>○成果の普及・活用は期待できるか。(わが国のFBR研究開発にも役立つか。) 解体プルトニウムの処分に対する高速炉の有効性を示すことができ、その過程で得られる技術的知見は実用化戦略調査研究を始めサイクル機構の今後の研究開発業務に寄与することが期待される。 バイパック燃料は、将来の高速炉燃料製造技術の有力な候補であり、燃料サイクルコストの低減が期待できる。この燃料製造技術とその燃料挙動に関する技術的知見の獲得、炉心・燃料設計及び安全解析における技術のノウハウと多大の情報は、今後の高速炉開発に有益であると思われる。</p> <p>○当該分野への効果はあるか。(解体プルトニウムの処分に役立つか、核不拡散に寄与するか) フル MOX コスト評価において、年間処分量が定量評価され、解体プルト</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。 バイパックオプションの有効性と実用化への技術的見通しは、3体デモ照射の成果によって実証されるものと考えます。</p> <p>拝承。 3体デモ照射の結果により、実証されるものと考えます。 (21体デモ処分の照射確認は早くても2005年後半)</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>ニウムの処分に役立つことが示された。今後のデモ照射の PIE により、それが実証されると期待される。この結果により、より一層、プルトニウム処分への有用性が示されると期待され、その結果、核不拡散への寄与が示されるであろう。</p> <p>○成果発表、特許出願・取得等の実績 学会、国際会議、専門誌等での成果報告が、適切に行われている。</p> <p>○広報は積極的、効果的に 国際フォーラムでの発表・報告、及びプレス発表が行われており、広報活動は積極的に実施されたと思われる。</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p>
<p>(4)</p> <p>②実用化との関係</p> <p>○ロシア解体核(プルトニウム)を日本国内の高速増殖炉用の燃料として活用出来る様に処分研究協力の新たな目標を設定する必要がある。</p> <p>○処分協力から生じるバイパック燃料(PU MOX)は市場経済性があることを立証する視点が求められる。</p> <p>③得られた成果の普及、公開</p> <p>○このロシア解体核(プルトニウム)はプルトニウム燃料(MOX 燃料)として燃焼利用することが世界平和への道に通じるという社会的概念を明確にし、日本国内のMOX利用へのPA(社会的受容)に役立つように本研究をPR活動する必要がある。</p>	<p>解体プル処分は、第1義的には米ロが処分の当事国として自国内で実施する事になっています。また日露の間には原子力協定が存在せず海外輸送等難しい問題があり、さらに日本国内のプルトニウムバランスの問題等解体プルを輸入して日本で燃焼するという社会的なコンセンサスを確立するのは難しい情勢です。このため、日本で燃焼するという新たな目標設定とすることは短期的には困難であると考えます。</p> <p>日本における市場経済性は、重要なテーマではありますが、解体プルを輸入して日本で燃焼するという社会的なコンセンサスを確立するのは難しく、前提条件が整わない現状では、日本での市場経済性まで踏み込むことは難しいと考えます。</p> <p>拝承。</p>
<p>(5) ①得られた成果の内容 少量であれ、実際に解体プルトニウムを処理したという実績は高く評価できる。</p> <p>③得られた成果の普及、公開</p>	<p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>日本国内では、全国紙の新聞記事として解体プルトニウム処理の世界初の実績が報道されたと記憶しているが、世界へのアピールとしては、果たしてどれほどのインパクトがあったのか。大きな目標が国際貢献である以上、国内での評価に満足せず、国際的にもアピールするような広報戦略が必要ではないか。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(6) アメリカ、フランスが採用しているペレット燃料の方法よりも、バイパック燃料のほうがプルトニウム1キロあたりの製造処分費は安い、などのデータが示されていたが、こうした利点をもってしてもメインオプションに入らなかったのはなぜか、よくわからなかった。政治的な理由と聞いたが、技術的内容がよくわからないだけに、成果を評価するものさしが他にないので評価しがたい。</p>	<p>米・仏の主張は、2019年までに34tの解体プルトニウムを処分できること、なるべく単純な一つのオプションで行うこと、米ロで共通に使えるオプションということで、工業規模の実績のある軽水炉オプションをメインに計画を進めています。バイパックオプションは、サイクル機構が力を発揮しやすい分野であり、将来の工業化の有望技術であることから日本の協力する価値のあるオプションと考えられています。</p> <p>また、ロシアでの解体プルトニウム処分について現行のペレット法に比べバイパック法は経済的ですが、処分オプションの選定に対しては、技術的な評価、コスト評価のみならず、国際政治の中で種々の判断が影響すると考えられます。</p>
<p>(7) ①得られた成果の内容 各研究項目についての成果については具体的に示されており、それらの水準、質、意義については特に指摘する所はないが、ロシアとの契約上の遅れの影響も含めて、計画と比較した成果の達成度あるいは進展状況について具体的な説明が示されていないので、できれば数値化して目安を示すのもよいのではと思われる。ロシアへの開発資金の提供であるので、それぞれの研究の達成度を具体的に明らかにしていくことが資金の妥当性の評価に必要と思う。</p> <p>②実用化との関係 解体プルトニウム処分への実用化への技術的見通しについては、まだ3年の経過であるが、順調に進んでいるように思われる。</p> <p>③得られた成果の普及、公開 まだ3年の経過であり、解体プルトニウム処分への実用化はなくてはならないものであるが、当然ながらFBR開発への積極的な関わりとそのため成果の普及ももっと強く打ち出して欲しいと考える。</p>	<p>拝承。 達成度の数値化に対しては検討しましたが、入手情報の質も異なりますので一律に何%と表現するのは誤解を招くと考え、説明では示しませんでした。参考として各テーマ毎で必要データ、解析結果を表に示しましたので、この中で現在までに入手されているものにマーキングをして示します(添付表-1参照)。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p>

評価意見

評価意見に対するサイクル機構の見解

(8) ①得られた成果の内容

一般的に、計画と比較した達成度についても、ロシア側の対応の遅れ、米国の対応そのものに不確定性が多く、一概に今回の評価で遅れを非難することはできない。計画の遅延も含め全体としてみた場合、BFS-2 臨界実験、バイパック燃料 3 体照射データ評価、BN600ハイブリッド炉心燃料設計、安全解析など 6 課題について、サイクル機構側の対応はそれなりの達成度を示していると考ええる。

充填振動方式に関しては燃料スペック、製造方法など有益な情報が得られていると考えられる。ただし、その水準、質について、ここでは評価困難である。今回はとくに同方式の長所に力点が置かれた報告になっており、(素人からみたら)その欠点や問題点についての報告と議論が少ないように思われる。本当に振動充填方式が他の製造方式に比べて優れているのであろうか、より客観的な比較検討が必要である。

BN600 のハイブリッド炉心燃料およびフル MOX に適用するナトリウムプレナムつき燃料炉心のボイド反応度臨界実験データの取得と解析精度評価実績は今後の日本の高速炉炉心設計にとっても極めて有益である。とくにわが国における実用化段階の高速炉においても、ナトリウムプレナムの採用の是非について安全性、経済性の観点から今後とも検討の価値がある。その検討に実質的に反映できる高い質の情報、データを、本課題の成果はもたらすものと考ええる。

また、日本側の安全評価結果に基づく指摘事項を踏まえてロシア側が安全解析結果を見直したことは極めて大きな成果であり、BN600 プラント安全確保のための国際的なコンセンサス作りに大きく寄与している。炉心損傷事象評価についても今後同様な成果を強く期待する。

全体として、費用対効果については、ロシア側の対応如何によっては必ずしも楽観すべきでなく、常にその用途、配分の状況について妥当性をチェックすることが必要であろう。

②実用化との関係

バイパック燃料に関するロシア側からの実機経験と日本における MOX 燃料実績を勘案すれば、実用化への技術的見通しに大きな問題はないと考えられる。

拝承。

拝承。

FSでの評価のためMAやFPを殆ど含まない解体プルの体系でのデータとして情報を逐次提供してまいります。また、今後FSの評価のなかで他の方法との比較を行う際、ご指摘の様な点を含めて検討を行います。

拝承。

拝承。

拝承。

拝承。

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>③得られた成果の普及、公開</p> <p>成果発表などについては、専門家や原子力関係者を対象とするものに限られている模様であるが、機会をみて一般市民とくに敦賀近郊や原発立地地点付近の住民への広報(市民講座など)も心がけてほしい。本研究は、二国間、多国間の政府レベルの協議、関与の基に進められているもので、単なる研究協力ではない。その特殊性ゆえに、成果の普及、公開は通常とは異なるものと考えられるが、サイクル機構としては同時に、高速炉もんじゅの再開に対する国民的な合意を得る努力を陰に陽に進める一環として、本研究の内容、意義、成果などをより住民や国民により分かり易い形で広報すべきではないか。とくに、現在、サイクル機構が核兵器解体支援を通し原子力平和利用に積極的な国際貢献を行っていることや国際的な安全性コンセンサスの醸成への貢献、高速炉が何故解体核処理に適切か、つまり高速炉がいかに多才で高性能であるか、日本国民が認識しているとは考えられない。このようなことは他の原子力技術全般に言えることであるが、地道な努力を期待したい。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(9) ①得られた成果の内容</p> <p>臨界実験:既に実施計画の大半を終了し、当初期待された成果が得られている。</p> <p>3体デモ照射:試験燃料の製造と照射が計画どおりに終了したことは大きな成果であり、バイパック燃料照射挙動の予備的知見も得られ照射後試験計画も策定された。ただし、最終的な成果は照射後試験の結果を待たなければならない。</p> <p>コスト評価:バイパックオプションの経済的優位性が示され、また燃料製造施設の建設コスト評価がほぼ妥当なものであることが確認され、目標を達成した。ただし評価の精度が問題であり、今後の進展によって得られる情報により評価の見なおしを適宜続ける必要がある。</p> <p>炉心・燃料設計:ロシア側設計の妥当性評価に必要な設計情報をほぼ入手し、内容確認及び核設計成立性確認が完了したので、全体計画に照らして十分な達成度である。</p> <p>安全解析:日本側は計画どおりに安全評価レビューを完了して問題項目の指摘を行っており、当初期待された成果が得られている。指摘項目</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。 FSでの評価のためMAやFPを殆ど含まない解体プルの体系でのデータとして情報を逐次提供してまいります。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>反映した燃料挙動解析手法の開発が不可欠であり、今後の研究が必要である。</p> <p>安全解析: 既存安全解析コードのバイパック燃料モデルの改良に反映されており、バイパック燃料を用いた FBR 実用化に寄与する。また、FBR 安全評価についての国際的コンセンサス形成にも寄与する。</p> <p>RIAR施設整備: バイパック燃料の実用化にとって重要な知見が得られている。今後は製造条件などについて、ロシア側から投資に見合う内容の情報を引出すことに努力すべきである。</p> <p>得られた学術的成果については学会などで十分な発表がなされていると思われる。一方、一般社会に対しても核軍縮にわが国の原子力技術が貢献していることを機会あるごとにアピールして行くことが、原子力の社会的受容にとって重要である。</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p>
<p>(10) ①得られた成果の内容</p> <p>計画の遅れは多少あるものの得られた成果は概ね妥当である。しかしながらJNC側も、日本国内で本プロジェクトで入手不可能、疑問点等の解明の為に、独自に研究開発を進めて成果の迅速で効率的活用を進めること。</p> <p>③得られた成果の普及、公開</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本研究の成果は、核不拡散に寄与する国際協力上有益なものである。 ・本研究の成果は、我が国のFBR研究開発にも十分活用できるものと考えられるが、高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究に直接的に関連づける必要はない。 	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p>
<p>(11) ①得られた成果の内容</p> <p>解体Puを商業炉等を利用して使用済燃料基準とするこの具体的成果は、国際的に見ても高く評価すべきではないか。</p> <p>②実用化との関係</p> <p>ロシア側高速炉の安全・安定的運転にかかるところが大きく、判断が難しい。</p> <p>③得られた成果の普及、公開</p> <p>可能な余剰Puの処分量を考えれば、不拡散体制への効果は大きい。</p>	<p>拝承。</p> <p>BN600 の運転の安全性、安定性については充分と考えており、解体ブル処分の実施は可能と考えます。</p> <p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
------	-------------------

評価項目：6. 今後の展開

(1) 先にも述べたように、RIAR施設整備の完了が待たれ、その後のデモ照射のPIEの結果に期待する。	RIARの契約は、施設の整備と集合体1体の試作をもって完了します。なおバイパック燃料の照射挙動に関する情報は3体デモ照射で得られると考えており、その照射後試験の結果評価を重視しています。
(2) ①今後の進め方のひとつの課題として、ロシアの解体核対応を米欧の様に国家間協定体制で行うことを検討すべきである。 ②このロシア解体核(プルトニウム)の平和利用は核燃料サイクルにおける高速増殖炉の開発、実用化への有効な国際共通行動であることを処分協力を通じて明らかにすることが望ましい。	<p>① 拝承。</p> <p>② 拝承。</p>
(3) オプション選択の実施や、FSの節目に応じて、目標の再設定と評価を行うべきである。	拝承。
(4) 各研究項目についての今後の展開についてはよく説明されており、全体として妥当なものと評価する。サイクル機構の大きな課題であるFBR実用化の開発へのもっと強力な関わり、フィードバックを積極的にはかってほしいと考える。国の国際的支援策としての2面性に止まらず、サイクル機構の本来の研究課題のあり方からもっと積極的な研究項目の設定を期待したい	拝承。
(5) 国内体制の整備(省庁間連絡会議、非核支援技術事務局の位置付け、政治的なリーダーシップ等)を前提として、総合的な判断をすべきではないか。	拝承。

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
------	-------------------

評価項目：7. その他

<p>(1) 解体プルトニウム処分については、その技術的内容はもとより、条約締結後の経過、ロシアとの協力関係についてもあまり報道されていないこともあり、内容がよく理解できなかったことは委員として申し訳ない。ただ、原子力平和利用技術による国際貢献であることや、バイパック燃料製造技術と燃料挙動情報が十分に得られれば、FBR燃料の有力な選択肢となることも考えられるというなら、もう少し日本、ロシア双方の国民に周知して、世論の支援を得るべく努めていただきたいと思う</p>	<p>拝承。</p>
<p>(2) 研究開発各項目に最も多く共通する目標として掲げられているものにロシア許認可の支援があるが、単なる支援に終わらず、所謂旧西側諸国を中心にして定着している国際的な安全に関する考え方、評価基準、評価手法などに関し、ロシアとのコンセンサス作りを進めるとともに、わが国でも受け入れることができるロシアの安全文化の醸成までを視野に入れて是非積極的に貢献していただきたい。そのためには、BN600の許認可の協力において、わが国や欧米諸国との安全基準や安全評価についての違いを分析し明らかにして示すとともに、必要に応じてロシア当局へ直截な進言も必要と考えられる。とくに格納容器を不要とするロシア側の論理展開については、サイクル機構の経験に基づいて十二分に納得するまで議論していただきたい。</p>	<p>安全評価に関する日露間会議は、ロシアの規制当局 GAN の代表者を交えて開催しました。安全解析共研開始前の初期の会合では、日、米より安全審査の体系的組織や判断基準等を紹介して理解促進を図ってきており、また、安全評価開始以降においては、各事象の評価の考え方、判断基準等を詳細に議論しながら進めております。</p>
<p>(3) 「高速炉サイクルの実用化戦略調査研究」のように、核燃料サイクル開発機構が進める研究開発業務には、開発する内容が「ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発」と関連するものがいくつかあると思われる。それらの研究開発業務の目標を達成するために必要となる技術情報の入手可能性も予め検討した上で、この技術開発を進めてほしい。</p>	<p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
------	-------------------

評価項目：8. 総合評価

<p>(1) 以上をまとめると核不拡散のためのバイパックオプションの推進と高速炉サイクルシステム研究開発の両面において成果が積み上げられつつあると評価できる。得られた成果の普及公開も適切になされていると考えられる。</p> <p>今度の展開としてロシア側作業の安全確認、BN600 プラント安全性の国際的コンセンサス作り、年間 50 体規模のバイパック燃料製造施設改造への貢献とそれを通じての技術の習得とその実用化戦略調査研究への反映が挙げられており、いずれも適切であると評価できる。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(2) 国際協力としての参加、政治的に大きな影響を受ける、ブラックボックスもあり等、複雑な課題と考えるが、当面は我が国の技術として技術蓄積を図っていくことが有益と考える。一方、それとともに我が国として本技術の採用のメリット、デメリット、ニーズを的確に把握しながら進めていくことが重要と考える。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(3) 本プロジェクトは、ロシア解体プルトニウムの処分への協力と、それに係る技術開発を通して我が国の核燃料サイクル技術の向上を目的とするものであり、核兵器縮減、核不拡散に関する国際貢献へ多大に寄与する。また、研究開発を通して、ロシアから得られる技術的知見、情報等は、今後の我が国における高速炉開発(FSを含む)に非常に有用である。</p> <p>本プロジェクトを準備段階(フェーズ0)と実施段階(フェーズ1)に分け、それぞれにおける研究開発項目(一部は、研究開発の意義及び必要性、コストの点から見直され、変更された)は、具体的で妥当なものになっている。</p> <p>これまでにフェーズ0は、当初の計画どおり達成された。また、フェーズ1では、RIAR施設整備が当初計画から遅れているが、それ以外は概ね計画通りに進められており、計画全体としては、十分な達成度であると評価できる。</p> <p>今後、MOX バイパック燃料の解体Pu処分のデモ照射に関する照射後試験等が確実に進められ、その結果から、本プロジェクトで示された概念が、ロシアの解体核の処理に有効であることを実証されるとともに、得られた知見等がFSへ反映され、高速炉開発へ非常に有用となることを強く期待する。</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p> <p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>(4) 本協力に対する総合評価としては、国際関係論上の意義と我が国核燃料サイクルの促進という国益論とが同時にさらにPA(社会的受容)されるのが望ましい。</p> <p>この点を留保すれば、本協力は総合的に評価出来るものである。</p>	<p>拝承。</p> <p>ご指摘のように考えておりますのでこれからもご指導よろしくお願ひします。</p>
<p>(5) 本課題は、それぞれ単独でもプロジェクトを成立させ得る意義・目的を二重に含んでおり、サイクル機構の取り組むべき研究テーマとして非常に重要である。ただし、二重の意義・目的をあいまいにするべきではなく、それぞれに共通する目標と個別の目標を明確に定義し、効率的に計画を進めると共に、状況の変化に応じて柔軟に計画を変更していくことが望まれる。現在までのところ、柔軟な計画変更には対応しているが、目標の定義をより明確化することが望ましいと考えられる。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(6) 事前評価からの3年の経過に対する評価であるが、当初の計画に対しては全体としてよく進められていると考える。さらにサイクル機構のかかえる研究課題としてもっとFBR開発への積極的、具体的な展開を図るよう研究計画、課題の設定を期待したい。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(7) 本課題は、国際貢献と実質的な研究課題の二面性を持つ特殊なものであるが、国際貢献の中には国際政治上での戦略的プロジェクトという解体核処理への直接的な貢献のみでなく、許認可支援を通し、高速炉の安全目標の設定、安全確保の考え方、さらにはロシアにおける普遍的な安全文化の浸透という意味があり、本課題の実施はその意味で、サイクル機構が原子力の安全性において世界をリードする大きなチャンスと捉えることができる。研究開発計画については情勢の変化に臨機応変に対応しつつも目標達成を常に念頭に置く姿勢を堅持していると考ええる。体制についても、同様に、今後ロシアおよび米国、欧州とのより緊密な連携に対処すべく組織的な対応を期待したい。</p> <p>本課題を通して、既にいくつかの重要な成果が挙がりつつある。その代表例はBN600炉心変更に関わる臨界実験データの取得と評価実績、日本側の安全評価結果に基づいたロシア側の安全解析結果の見直しであり、BN600プラント安全確保のための国際的なコンセンサス作りに大きく寄与している。</p>	<p>拝承。</p> <p>拝承。</p>

評価意見	評価意見に対するサイクル機構の見解
<p>一方で、本課題が極めて重要でありながら、一般国民への PR が不足気味であるのは、他の課題と同様である。PR の視点の問題もあるが、技術的には高度な中身でも、国民が期待している情報を適切に取捨選択して、分かり易く広報することは、しいてはもんじゅの再開にとってもプラスになることはあってもマイナスになることはない。</p>	<p>拝承</p>
<p>(8) 研究開発の目的・意義についてはプロジェクトの性格から明確かつ具体的である。わが国が分担しているテーマについては順調に進捗し、ほぼ期待された成果が得られていると判断されるが、その他のテーマについては国情の違いもあって計画が遅れており、まだ十分な成果・進捗を見ていないものもある。計画よりも遅れているテーマについては米露両国と十分に協議を行い、プロジェクト管理を十分に行っていく必要があると考えられる。また、どのような知見を得ておくことがわが国 FBR サイクル実用化に貢献し得るかを今後とも確認しつつ、研究開発計画を実施して行くことが重要である。</p>	<p>拝承。 計画の遵守については、今後も G8 協議を通じた全体計画の調整、米露との BN600 バイパック燃料オプションの協力のための十分な協議を行って、工程管理を行ってまいります。</p>
<p>(9) 本技術開発は、原子力平和利用の観点から重要な課題であり、ロシアを相手に慎重かつ着実に成果を挙げていると評価する。</p>	<p>拝承。</p>
<p>(10) 現在までのところ、技術的・政治的に機微な課題に積極的に取り組み、成果を残している点を評価したい。</p>	<p>拝承。</p>

ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発

—研究開発 6 項目のデータ入手状況（2002.12 時点）—

表-1 BFS臨界実験入手データ(2002.12時点)(本文表4.2.1-1)

	体系ID.	燃料領域の 模擬対象	周辺領域の模擬 対象	主目的	計画	測定	解析	報告
I	62-1	UO ₂	UO ₂ ブランケット	現行BN-600の 特性評価	◎	◎	◎	○
II	62-2		SUS反射体	ブランケット/反射体 置換効果	◎	◎	◎	○
III	62-3A	UO ₂ + MOX	SUS反射体	ハイブリッド炉心の 特性評価	◎	◎	◎	○
IV	62-4		UO ₂ ブランケット	反射体/ブランケット 置換効果	◎	◎	◎	○
V	62-5	MOX(中央部等) + UO ₂	UO ₂ ブランケット	MOX炉の 炉物理パラメータ評価	◎	◎	△	
	66-1	MOX(中央部) +UO ₂ +Naブレナム	UO ₂ ブランケット	フルMOX炉心の 特性評価	◎	◎	△	

◎:終了、○一部実施、△準備中

表-2 3体デモ照射入手データ(2002.12時点)(本文表4.2.2-1)

	取得情報		FSへの反映	
	項目	主要情報		
照射試験	燃料ピン、燃料集合体の設計仕様	寸法、構造等	特に無し	
	燃料顆粒製造方法	手法概説、使用機器、制御因子、運転条件等		
	燃料顆粒充填方法	手法概説、使用機器、制御因子、運転条件等		
	燃料顆粒性状情報	実際の燃料組成等	燃料製造技術開発へ反映	
	燃料ピン組み立て・品質検査情報	実際の燃料ピン寸法、密度分布等		
	燃料集合体組み立て・品質検査情報	実際の燃料集合体寸法等		
	設計仕様に基づく燃料の安全解析	手法、使用物性、評価結果等		
BN600での照射に関する情報	運転履歴、出力履歴、温度履歴等	燃料性能評価へ反映		
照射後試験	非破壊試験	集合体の目視検査	表面異常の有無	燃料性能評価へ反映
		集合体の寸法測定	寸法変化	
		バンドル上部観察	ピン異常伸長の有無	
		燃料ピンのKr85リーク試験	ピン破損の有無	
		燃料ピンの目視検査	表面異常の有無	
		燃料ピンの寸法測定	寸法変化	
		燃料ピンのγスキャン	FP分布状態	
		燃料ピンの渦電流探傷試験	FCCI指標	
		燃料ピンのX線ラジオグラフィ	燃料状態	
	燃料ピンのパンクチャ試験	FPガス放出状態		
	破壊試験	燃料ピンの金相試験	微視的燃料状態	
		燃料ピンのEPMA解析	微視的要素分布状態	
		燃料ピンの残留ガス分析	微視的FPガス放出状態	
		燃料ピンの燃焼度測定	微視的燃焼状態	
燃料ピンの被覆管密度測定		被覆管スエリング状態		

表-3 フル MOX 化コスト評価入手データ (2002.12 時点) (本文表 4.2.3-1)

検討項目	共同研究での検討項目	国内 R&D での検討項目	反映先
燃料製造施設のコスト評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ 候補地の選定、建物の設計・建設、施設・整備及び主な技術仕様 ・ 建設に必要な研究開発項目、設計項目 ・ 施設の運転方法 ・ 製造燃料のサイトへの移送方法 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 乾式再処理技術をベースとした施設の設計、コスト評価 ・ 物量妥当性評価 ・ 必要な研究開発項目の検討 	バイパック燃料利用に係る基礎的なデータベースとする
BN600 炉心変更の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・ フル MOX 炉心への改造計画 ・ ナトリウムポンプ（一次冷却系）の改造 ・ ハイブリッド⇒フル MOX への移行手順 ・ 炉心改造、変更に伴う研究開発項目 ・ 炉心改造に伴う設計項目 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 改造計画の妥当性評価 ・ ポンプ改造方法の妥当性評価 	バイパック燃料利用に係る基礎的なデータベースとする
新燃料貯蔵、取扱い施設のコスト評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新燃料貯蔵施設、取扱い施設の改造に必要な範囲の検討 ・ 建物、施設、設備、機器の技術仕様 ・ 施設の改造に伴う設計項目 	—	—
フル MOX 化の課題抽出	<ul style="list-style-type: none"> ・ 炉物理等確認・検討の必要な項目 ・ 安全解析において確認・検討の必要な項目 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 炉物理、安全関連の確認・検討項目の抽出 ・ 共研での抽出項目の妥当性評価 	バイパック燃料利用に係る基礎的なデータベースとする
全体計画	<ul style="list-style-type: none"> ・ プロジェクト全体のコスト評価、積算根拠 ・ 処分スケジュール 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 米露、仏独露等既コスト評価との比較 ・ 材料費、人件費、建屋建設価格等の日露コスト評価比較 ・ コスト、スケジュールの妥当性評価 ・ 全体シナリオの策定 	G8 等への日本提案（本格処分段階の処分オプション）に反映する。

表-4 BN600 炉心・燃料設計入手データ (2002.12 時点) (本文表 4.2.4-1)

項目	範囲		
	ロシア設計	国内解析	研究開発への反映
炉心設計	<ul style="list-style-type: none"> 設計解析の実施 設計指針の策定、核設計、熱設計、設計基準安全解析、炉心燃料放射線解析、炉心燃料集合体応力・歪み解析 設計成立性の確認 解体プル処分の実現性、径方向ブランケット削除によるプルトニウム生成の抑制、取出燃焼度の増加、低ナトリウムボイド反応度、流量配分成立、集合体浮上り防止の確認、設計基準事象における炉心安全性確保、ロシア規則の遵守 設計図書・技術仕様書の作成 	<ul style="list-style-type: none"> 予備解析による核的な設計成立可能性の確認 入手された炉心仕様に基づく、日本側解析手法によるロシア側炉心設計の妥当性の確認 	<ul style="list-style-type: none"> バイバック MOX 燃料集合体を用いた炉心における核設計誤差の考え方の入手 上記入手情報の炉心・燃料設計への反映方法の検討・整理
燃料集合体設計	<ul style="list-style-type: none"> 設計解析の実施 設計指針の策定、燃料集合体の強度・照射変形解析 設計成立性の確認 構造健全性の確保、ロシア規則の遵守 設計図書・技術仕様書の作成 	<ul style="list-style-type: none"> 入手された燃料集合体仕様に基づく、日本側解析手法によるロシア側燃料集合体設計の妥当性の確認 	<ul style="list-style-type: none"> バイバック MOX 燃料集合体の設計および材料選定の考え方の入手 上記入手情報の炉心・燃料設計への反映方法の検討・整理
燃料ピン設計	<ul style="list-style-type: none"> 設計解析の実施 設計指針の策定、燃料ピンの熱・照射特性解析 設計成立性の確認 構造健全性の確保、ロシア規則の遵守 設計図書・技術仕様書の作成 	<ul style="list-style-type: none"> 入手された燃料ピン仕様に基づく、日本側解析手法によるロシア側燃料ピン設計の妥当性の確認 	<ul style="list-style-type: none"> バイバック MOX 燃料ピンの設計評価式 (燃料の熱伝導度・熱膨張率・FP ガス放出率、被覆管の熱膨張率・スエリング・照射クリープ等)、設計条件、材料選定の考え方の入手 上記入手情報の炉心・燃料設計への反映方法の検討・整理

 : 入手済みデータ

表-5 BN600 安全解析入手データ(2002.12 時点)(本文表 5.2.5-1 ②)

項 目	ロシアから得られる情報	基盤技術開発データベース拡充への反映
(a) 振動充填(バイパック)燃料の安全性に関する知見	<ul style="list-style-type: none"> ・バイパック燃料のクリープ特性等の基本物性データ、FPガス放出率データのペレット燃料との比較 ・バイパック燃料の過出力時燃料/被覆管機械相互作用の解析例 ・バイパック MOX 装荷ハイブリッド炉心の安全解析結果 	<ul style="list-style-type: none"> ・将来燃料候補としてのバイパック燃料の安全性評価に反映する。
(b) ロシア側の安全解析手法に関する情報	<ul style="list-style-type: none"> ・安全解析で使った解析コードの計算モデルの内容 ・最新の知見を反映した炉心損傷事故解析のために準備される従来コード改良モデルの内容 	<p>(この時点までは有用な情報はない。日・米・欧の既往解析モデルの知見に基づいて、これまではロシアモデルに対して課題を指摘した。)</p>
(c) ロシアの許認可安全解析の考え方と安全基準	<ul style="list-style-type: none"> ・安全解析事象の許認可上の位置づけと判断基準 安全規制 OPB-88/97 及び燃料破損制限を定めた PBYAa RU AS-89 に従った安全評価の考え方 	<ul style="list-style-type: none"> ・ロシアの許認可安全基準情報としてデータベースに反映する。

表-6① RIAR の施設安全に関する入手データ (2002.12 時点) (本文表 4.2.6-1①)

項目	RIAR 整備検討項目	国内 R&D 検討項目	安全評価への反映
安全関連	ベンチレーション設計 各種警報装置 外部の影響 (爆発・自然現象) 臨界等の対処 配置設計	ロシアの燃料製造施設関係法令 許認可手続き	閉じ込めに関わるベンチレーション等はロシアの国内法規を遵守して設計されていることを確認。

表-6② RIAR 施設整備における入手データ (2002.12 時点) (本文表 4.2.6-1②)

項目	RIAR 整備検討項目	国内 R&D 検討項目	FS への情報
顆粒製造技術	・機器設計情報 (工学生産規模) (電解槽、洗浄機器等の機器情報、配置設計) ・試運転による顆粒製造条件	・塩素化溶解条件 (塩素低減条件) 及び電解析出試験 (UO_2) ・塩素ガスリサイクルシステムの基礎データ	・振動充填に適した顆粒製造条件の検討に反映。 (UO_2 ベース) ・同上 (MOX ベース)
バイパック燃料製造技術	・機器設計情報 (工学生産規模) (自動化、遠隔化のピン製造機器) ・試運転によるバイパック燃料製造条件	・電解析出顆粒 (UO_2) の充填条件 (振動条件、顆粒装荷方法等)	・均一・高密度の燃料製造に関する検討に反映 (UO_2 ベース) ・同上の MOX への外挿評価に反映
廃棄物処理技術	・機器設計情報 ・試運転による坩堝焼却等の廃棄物処理のデータ	・RIAR の廃棄物処理システム設計レビューのための基礎データ ルツボ燃焼時のアメリカシウム のフィルターへの移行率	・廃棄物処理システムの設計例として設計に反映
燃料健全性 (製造—輸送)	—	輸送時安定性試験にて輸送を模擬した振動で密度分布が生じないことを確認。	輸送中にバイパック燃料の密度分布変化が生じないことを確認

参 考 資 料 4

ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発
(課題説明資料)

本資料は、課題評価委員会での評価意見などにより改訂したものである。

ロシア解体プルトニウム処分への協力 に係る技術開発

平成14年12月
(平成15年6月改訂)

核燃料サイクル開発機構

課題評価中間評価説明資料目次

1. 課題名	1
2. 評価の概要	1
3. 研究開発の目的と背景等	1
3.1 目的	1
3.2 背景と必要性、緊急性	1
4. 研究開発目標、計画	3
4.1 研究開発の一部変更	3
4.2 研究開発項目毎の目標、計画	4
4.2.1 BFS-2 臨界実験	4
4.2.2 3体 MOX バイパック燃料製造・照射試験 (3体デモ照射)	5
4.2.3 フル MOX コスト評価	5
4.2.4 BN600 炉心・燃料設計	6
4.2.5 BN600 安全解析	6
4.2.6 RIAR 燃料製造施設の増強 (RIAR 施設整備)	7
5. 研究開発体制	7
6. 資金計画	7
7. 研究開発の状況 (目標の達成度・成果・課題と今後の展開)	8
7.1 研究開発項目毎の状況	8
7.1.1 BFS-2 臨界実験	8
7.1.2 3体デモ照射	10
7.1.3 フル MOX コスト評価	11
7.1.4 BN600 炉心・燃料設計	13
7.1.5 BN600 安全解析	14
7.1.6 RIAR 施設整備	16
7.2 研究開発状況のまとめ	17
8. 成果の普及及び公開について	18
9. 措置事項の対応状況	18

付. 用語の説明

1. 課題名

ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発

2. 評価の概要

核燃料サイクル開発機構（以下サイクル機構）はロシアの解体プルトニウム（以下解体プル）をロシアで開発されたバイパック（振動充填）燃料*製造技術を用いて MOX 燃料*とし、ロシアの高速炉*BN600*において燃焼させる構想（以下バイパックオプション）に係る技術開発を推進している。

バイパックオプションは、日米露の協力で、段階的に実施することを計画しており、基礎的な臨界実験*、照射試験等の準備段階（フェーズ 0）、径方向ブランケット*をステンレス製及び B₄C*製の反射体*で置換し、現在の BN600 ウラン炉心を部分 MOX 炉心（約 1/5 炉心：ハイブリッド炉心）とする段階（フェーズ 1）、及び全 MOX 炉心を構成し、解体プルを処分する段階（フェーズ 2）のステップごとに計画を進め、10-15 年間の BN600 のプラント寿命延長*を行い、2020-2025 年までに合計約 20 トンの解体プルを燃焼する計画である。

事前評価を受けてから約 3 年が経過し、共同研究を中心とした作業が本格化したため現在までの成果を報告し、評価の結果を今後の研究開発に反映する。今回の評価のポイントは以下の点である。

- 研究開発の一部変更の妥当性、
- これまでの研究開発の成果、目標に対する達成度、
- 今後の研究開発の進め方の審議

3. 研究開発の目的と背景等

3.1 目的（事前評価時から変更なし）

- ・国際社会最大の懸案事項のひとつであるロシア解体プル処分*に対し、サイクル機構がこれまで蓄積してきた原子力平和利用技術を活用して協力し、核軍縮・核不拡散に貢献する。
- ・具体的には、バイパックオプションについて、ロシアの関係機関と協力して実施することであり、我が国の解体プル処分に対する貢献策の柱として米国との協調の下に、安全の確保、透明性の確保を前提として進めるものとする。
- ・また、この協力を通してバイパック燃料製造技術に係る共同研究及び作業経験等に基づく知見の獲得を図るとともに、BN600 炉心・燃料設計等の実機での経験を蓄積し、サイクル機構が進める研究開発業務に最大限活用していく。
- ・本件は、これら国際貢献と技術開発という相異なる目的を併せ持つものであり、内外の情勢・技術動向を十分に把握して進めていくものとする。

3.2 背景と必要性、緊急性（(1)は事前評価時の要約、(2)、(3)は事前評価時から変更なし）

(1) 背景

- ・冷戦終結に伴う核軍縮の進展として、米国と旧ソ連との間で戦略攻撃兵器削減条約* (START-I) が締結され(1994年12月発効)、核兵器の解体に伴って生じる兵器級プルトニウム* に対し核拡散の懸念が生じた。
- ・1996年4月のモスクワ原子力安全サミットで本件が提起され、以降国際的な取り組みが本格化した。同年10月開催されたパリ国際専門家会合でMOX燃料としての原子炉での燃焼が主、セラミック等への固定化* が従とされた。
- ・米国から米露共同研究の高速炉 (BN600) オプションへの参加の示唆、ロシアからバイバック燃料技術を解体プル処分へ活用することへの協力要請があった。
- ・BN600の良好な運転実績とMOX利用実績、RIAR (Research Institute of Atomic Reactors : 原子炉科学研究所) * のバイバック燃料製造経験、設備増強実現性等のロシアの国内状況を踏まえて、BN600にバイバック燃料を用いて処分を行うオプションが既存設備を最大限利用できる点でコスト及びスケジュール上有利であること、またサイクル機構の技術開発ニーズにも合致することから、本オプション実現に向けて米露共同研究に参加する形で進めていくこととした。
- ・カナダのCANDUオプション* に対しても、サイクル機構は新型転換炉 (ATR) * の研究開発で培った技術を基にMOX燃料照射挙動データの提供等に関して協力。
- ・政府は、バイバックオプションを日本政府の支援策として関係国へ提案した。

(2) 必要性

- ・本件は、核軍縮の結果生ずる解体プルを兵器へ再転用し難い形態へ転換・処分し、より一層の核軍縮を進展させる重要な国際共同プロジェクトであり、国際社会の平和維持に不可欠であることから、わが国の国際社会への貢献として実施へのニーズが高いものと考えられる。
- ・機構法第27条の規定に基づき1998年9月30日に国が定めた「核燃料サイクル開発機構の業務に関する基本方針」において、「核兵器の解体に伴い発生する核燃料物質の処理にも技術的に貢献するなど国際協力へ積極的に取り組むこととする」旨述べられており、これを受けて「中長期事業計画」においても「協力を継続的に推進する」旨位置付けている。
- ・一方、サイクル機構の研究開発業務の進展にとっても、燃料サイクルコストの低減という課題を解決する候補の一つであるバイバック燃料製造技術に関しロシアの研究開発機関との共同研究等を通してロシアのホット施設を用いたデータを取得することは、日本国内で実施する時のコストと比較した場合、はるかに安価で実施できる上、研究開発の効率的な推進という観点で極めて有効である。

(3) 緊急性

- ・冷戦後の国際社会において、新たな核拡散の種となり得るロシア解体プルの安全かつ迅速な処分は喫緊の課題と考えられる。また、米露を中心とした国際的な検討の進展に平仄を合わせて実施する必要があり、処分技術の実証、円滑な国際協力のための外交交渉等の面からリードタイムが長いことから早急な対応が必要である。
- ・燃料に関する研究開発は、照射試験による燃料の挙動や特性の確認というステ

ップが必要とされているため、通常長時間を要するものであり、有望な燃料技術に関しては早期に着手する事も必要である。

- ・以上の背景、必要性、緊急性を踏まえ、バイバックオプションによるロシア解体プル処分への協力を国際貢献と技術開発という二面性を持つテーマとして、課題評価委員会(事前評価)で評価を受け、本技術開発の妥当性が確認された。

4. 研究開発目標、計画

4.1 研究開発の一部変更

(1) 研究開発項目の変更

以下の4点について研究開発項目の変更を行った。

- ・反射体設計は米露間ですでに一部検討を行っていた経緯があり、米国が自らの資金で、ブランケットを反射体と置換することを主張したため、研究開発項目から除外した。
- ・ロシア専門家との協議の結果、改造後の燃料製造施設で製造される燃料集合体については先行照射試験*の必要がないことが判明したため、研究開発項目から除外した。
- ・ロシア側はロシア許認可のために照射実績の蓄積が必要である旨主張し、21体の燃料集合体を用いた処分のデモンストレーションを日本の協力として実施することを別途検討中である。(研究開発の要素が少ないのでサイクル機構の研究開発項目とはしない。)
- ・サイクル機構の研究開発の成果が、解体プル処分を行う上で有効であることを示すため、BN600のフルMOX化の技術課題の整理および概略コスト評価を研究開発項目として加えた。

以上研究開発項目の変遷を含め事前評価時と対照して表4.1-1に示す。

表4.1-1 BN600ハイブリッド炉心化のための研究開発項目の変遷

事前評価時(1999年12月)	2002年11月現在
○BFS-2 臨界実験	○BFS-2 臨界実験
○3体デモ照射	○3体デモ照射
○BN600 炉心・燃料設計	○BN600 炉心・燃料設計
○BN600 安全解析(一部米国分を含む)	○BN600 安全解析(一部米国分を含む)
○RIAR 施設整備	○RIAR 施設整備
○反射体設計	・反射体設計は除外
○先行照射試験	・先行照射試験は除外
	○フルMOXコスト評価の追加

*21体デモ処分(検討中)は、研究開発要素が少ないためサイクル機構の研究課題とはしない。

(2) 研究開発スケジュールの変更

- ・ロシア研究機関等との共同研究の契約交渉は、契約内容に機微情報を含むこと、両国担当者間にとり初めての経験であったことやメール等の通信設備の不備から研究所の互いの意思疎通が困難であったことなどから長期を要し、ハイブ

リッド化のための共同研究契約は、当初の予定より約 1.5 年遅延して締結された。

- ・ 2000 年 12 月ロシアの政令変更により、すべての核情報を含む技術情報の輸出のためには日本政府の平和利用保証が必要となった。
- ・ 21 体デモ処分^{*}の照射実績がハイブリッド炉心の許認可に必須であるというロシアの判断から、ハイブリッド炉心への移行の時期は、事前評価時の予定であった 2003 年から 2006 年に変更となった。
- ・ 以上のスケジュールの変更を図 4.1-1 に示す。
- ・ なお、ロシアの解体プル処分^{*}の全体計画は、米露間の調整および G8 の資金調達の点から遅れており、本研究の成果として期待されるバイバックオプションの有効性は保たれている。

4.2 研究開発項目毎の目標、計画

- ・ バイバックオプションは、日米露を主として国際的な協力のもとに実施することを想定している。サイクル機構が実施する項目は技術開発要素が多く含まれる前述の 6 項目とした。それぞれには、国際貢献（ロシア許認可への支援・バイバックオプションの推進）の要素の強いものと、技術開発（高速炉リサイクルシステム^{*}への寄与等）要素が高いものがある。以下に項目毎の目標、計画を示す。（各項目の計画の（ ）内は、日露共同研究の実施期間を示す）

4.2.1 BFS-2 臨界実験

(1) 研究開発目標

- ・ 臨界実験により、ロシア許認可に必要なデータを取得し、ハイブリッド炉心の核特性についてロシア許認可を支援する。
- ・ 高速炉を模擬する大型臨界実験施設によって取得する系統的な実験データ及びその解析結果より、基盤技術への反映を図る。

(2) 研究開発計画（1999.6-2003.3）

- ・ IPPE^{*}の臨界実験施設 BFS-2 を用いて、BN600 への MOX 燃料の装荷に伴う核特性の変化を模擬するために一連の臨界実験体系（表 4.2.1-1 参照）を構築し、ナトリウムボイド反応度^{*}等 BN600 炉心の設計上重要な核特性（表 4.2.1-2 参照）を測定する。（図 4.2.1-1 にハイブリッド炉心を模擬する 62-3A 体系を示す）
- ・ ロシア側ではロシアの核特性解析システムによる実験解析を行い、得られる解析精度及び実験誤差等の情報を反映して BN600 ハイブリッド炉心の核設計精度評価を行う。
- ・ 臨界実験データについて、ロシアのシステムとは全く独立なサイクル機構の核特性解析システム（表 4.2.1-3 参照）による実験解析及び BN600 ハイブリッド炉心の核設計精度評価を行い、ロシアの評価結果の妥当性をチェックする。

- ・ サイクル機構の BFS 臨界実験解析結果については、ZPPR*等の既存の技術情報との整合性を調べた上で、我が国の高速炉核設計データベース*を拡充する。

4.2.2 3体 MOX バイバック燃料製造・照射試験（以下 3体デモ照射）

(1) 研究開発目標

- ・ 実際の解体プルによるバイバック燃料の製造、照射・照射後試験によりバイバック燃料技術*実証を行い、ロシアの許認可を支援する。
- ・ バイバック燃料製造技術、照射・照射後試験情報、燃料挙動評価を高速炉サイクルの実用化戦略調査研究（以下 FS）*に反映する。

(2) 研究開発計画（1999.5-2005.3）

- ・ 解体プルを用いた MOX バイバック燃料集合体 3 体を RIAR における既存のバイバック燃料製造設備を用いて製造する。
- ・ BN600 にて約 11at%*まで照射し、その後の照射後試験*によるバイバック燃料の燃焼挙動把握を通じて燃料の照射健全性を確認する。照射・照射後試験により入手すべき情報を表 4.2.2-1 にまとめる。
- ・ サイクル機構において、燃料の照射健全性を解析的に確認するため、UO₂ 顆粒を用いた熱特性試験*、焼結特性試験*、FCMI 特性試験*を行いバイバック燃料挙動評価手法を整備する。また先行照射試験で得られるデータを用い、クロスチェックの形でのロシアの燃料挙動評価手法の信頼性確認を行うと共に、バイバック燃料挙動評価手法の評価精度の確認・改修を行う。これらの試験を含め照射挙動評価手法整備に必要な情報を表 4.2.2-2 に示す。

4.2.3 フル MOX コスト評価

(1) 研究開発目標

- ・ BN600 をフル MOX 化するための課題抽出、BN600 炉心改造の検討および MOX 燃料製造施設のコスト評価から本オプションの成立性を確認する。
- ・ バイバック燃料を利用する課題、経済性評価の情報を取得し、国内評価を加え国内でのバイバック燃料利用の基礎的なデータベースとする。

(2) 研究開発計画（2001.9-2002.9）

- ・ ロシアとの共同研究で BN600 フル MOX 化の技術的な実現性見通し（BN600 炉心変更、フル MOX 化に伴う炉物理・安全解析に係る検討）、スケジュール、概略コスト（バイバック燃料製造施設、新燃料貯蔵・取り扱い施設等）の検討を行う。（表 4.2.3-1 共同研究での検討項目参照）
- ・ 国内 R&D においては、高速炉、MOX 燃料製造技術を踏まえて、共研結果の妥当性評価を行い、コスト評価について他オプションとの比較検討を行う。（表 4.2.3-1 国内 R&D での検討項目参照）

4.2.4 BN600 炉心・燃料設計

(1) 研究開発目標

- ・ BN600 ハイブリッド炉心の炉心・燃料設計を行って、ロシアの許認可を支援する。
- ・ バイパック燃料を用いた炉心の設計に関する知見を基盤研究に反映する。

(2) 研究開発計画 (2001.9～2003.3)

- ・ ロシア側は BN600 炉心のハイブリッド化のための炉心設計、燃料集合体設計、燃料ピン設計の各々について、設計指針*の策定および設計解析を実施する。炉心特性、燃料集合体および燃料ピンの構造健全性の観点から設計解析結果を評価し、設計内容を確認する。(表 4.2.4-1 ロシア設計参照)
- ・ バイパック燃料集合体を装荷した炉心の暫定解析用体系、ロシアから入手した体系を対象に、我が国の解析手法を用いて主要炉特性の解析を実施し、ロシアが実施する一連の設計の妥当性を確認する。(表 4.2.4-1 国内解析参照)
- ・ バイパック燃料集合体を用いた炉心における核設計誤差の考え方、燃料集合体の設計および材料選定の考え方、燃料ピンの設計評価式、設計条件および材料選定の考え方を入手し、バイパック燃料を用いた炉心の炉心・燃料設計に反映を図る。(表 4.2.4-1 研究開発への反映参照)

4.2.5 BN600 安全解析

(1) 研究開発目標

- ・ ハイブリッド炉心化した BN600 プラントの安全解析を行って、ロシアの許認可を支援する。また、BN600 の安全確保のための国際的コンセンサス確立の支援を行う。
- ・ バイパック燃料の安全解析に関する知見を基盤研究に反映する。

(2) 研究開発計画 (2001.8～2004.3)

- ・ ハイブリッド炉心化した BN600 プラントについて、炉心設計結果を基に、ロシアが実施する異常な過渡*時、事故*時、設計基準外事故*時の安全解析を米国と分担してチェック解析を行うことにより妥当性を確認する(表 4.2.5-1①参照)。
- ・ サイクル機構は炉心損傷事故について日本側解析コードによる独自の詳細解析によりこの分野では経験の少ないロシアの評価結果の妥当性を確認する。
- ・ 日米露(及び欧からオブザーバー出席)安全性専門家会議を開催してロシア側評価結果をレビューし、BN600 プラント安全確保のための国際的コンセンサスを得る。
- ・ バイパック燃料に関するロシアの安全性、安全解析モデル、許認可・安全解析の考え方等の有用な知見を収得しデータベースを拡充する。(表 4.2.5-1 ②参照)。

4.2.6 RIAR 燃料製造施設の増強（以下 RIAR 施設整備）

(1) 研究開発目標

- ・ ハイブリッド炉心にバイパック燃料を供給するため年間 50 体の BN600 ハイブリッド炉心用燃料集合体製造ができる設備を RIAR に整備する。また入手設計情報について国内 R&D の基礎的な試験の知見によりロシアの燃料製造設計のチェックを行う。
- ・ バイパック燃料製造技術に係る設計・改造情報、国内 R&D 試験による燃料製造性、健全性の情報等を FS に反映する。

(2) 研究開発計画（2001.7～2005.3）

- ・ 年間 50 体（金属プルトニウム 0.3 トン相当）の BN600 の MOX バイパック燃料を製造できる施設を 2004 年度末までに完成させ、MOX 燃料を 1 体試作することにより機能確認を行う。施設として MOX 顆粒製造ライン、ピン製造ラインを新設し、既設集合体組立ラインを整備する。また施設安全に関する情報（閉じ込め性）を入手し妥当性確認をおこなう。（表 4.2.6-1①参照）
- ・ 製造技術研究に資するものとして RIAR の施設改造の報告書より、燃料顆粒製造、燃料ピン製造等に関わる機器設計情報、バイパック燃料の製造情報、廃棄物処理の情報等を評価する。（表 4.2.6-1②RIAR 整備検討項目参照）
- ・ サイクル機構において UO_2 を用いた塩素化溶解*試験、電解析出*試験及び電解析出顆粒を用いた振動充填試験等を行い製造技術に関する情報を取得する。また燃料健全性の評価のための基礎データとして輸送時の振動で密度分布が変化しないかを確認するため輸送時安定性試験を行う。（表 4.2.6-1②国内 R&D 検討項目参照）

5. 研究開発体制

- ・ サイクル機構とロシア研究機関、これをサポートする国内評価の体制及び人員等を図 5-1 に示す。
- ・ バイパックオプションの実施はロシア国内の施設を利用して行うため、これに必要な許認可等はロシアの当該機関が取得することになる。サイクル機構は資金協力とともに高速炉、プルトニウム利用技術に基づき技術的な支援を共同研究を通じて行う。またロシア側評価の妥当性確認ならびにサイクル機構が進める研究開発業務への反映を目的に国内においても原子力メーカー等を通じ検討・評価を行う。
- ・ 事前評価で指摘があった専門家の意見を反映する観点から外部の有識者による委員会（「解体プルトニウム処分協力検討委員会」）を設置し、平成 12 年 7 月 25 日、平成 13 年 2 月 15 日、12 月 7 日の 3 回に亘って委員会を開催し、計画の状況を説明すると共に、進め方等につき有意義な意見を頂いた。

6. 資金計画

- ・ BN600 ハイブリッド炉心化のための各項目の作業期間と全工程の作業費用の

総額とロシア契約分、および 2002 年度までの作業費用の総額とロシア契約分を表 6-1 にまとめる。主な作業は 2003 年度までに終了し、費用の総額は 23.9 億円の予定である。またロシアとの契約は合計 8.4 百万ドルとなった。

表 6-1 BN600 ハイブリッド炉心化のための作業費用・期間

実施項目	期間(年度)	総額 (億円)	ロシア契約総額 (百万ドル)	2002 年度 までの総額 (億円)	2002 年度 までのロシア 契約分 (百万ドル)
(1) BFS-2 臨界実験	1998～2003	1.8	1.0	1.7	1.0
(2) 3 体デモ照射	1998～2004	2.7	1.4	2.3	1.2
(3) フル MOX コスト評価	2000～2002	0.8	0.2	0.8	0.2
(4) BN600 炉心・燃料設計	2000～2002	1.5	0.6	1.5	0.6
(5) BN600 安全解析	2000～2003	3.9	1.0	3.3	0.7
(6) RIAR 施設整備	2000～2004	12.4	4.2	11.9	4.1
(7) 支援業務	1999～2003	0.8	—	0.6	—
合計		23.9	8.4	22.1	7.8

7. 研究開発の状況 (目標の達成度・成果・課題と今後の展開)

7.1 研究開発項目毎の状況

以下に研究開発 6 項目の目標の達成度、成果、今後の課題と展開についてまとめる。

7.1.1 BFS-2 臨界実験

(1) 目標の達成度

○ロシア許認可への支援・バイバックオプションの推進

- ・ 現行 BN600 炉心に MOX 燃料を装荷する場合に生じる核特性上の変化を系統的に模擬した臨界実験体系を構築し、良好な精度の実験データの測定を完了した。両機関の臨界実験解析により、ロシアの許認可に使用される核特性解析システムを全く独立な解析システムによって確認できた。引き続き、BN600 ハイブリッド炉心の核設計精度評価に着手した。

○高速炉リサイクルシステム研究開発への寄与

- ・ 現在までに得られた実験情報により、BFS と他の臨界実験装置の整合性を確認した。BFS 実験解析情報の一部を最新の統合炉定数作成に反映するとともに、炉心関係の基盤技術開発に使用する核設計データベースを拡充した。

(2) 成果

- ・ BN600 炉心の模擬性に優れた臨界実験体系における実験を完了し、核設計精度評価の測定データを取得。

表 4.2.1-1 に示すすべての実験体系における測定を 2002 年 9 月に完了した。各体系の構成・組成及び測定値を記載した実験報告書を順次入手し、いずれのパラメータも良好な精度で測定されたことを確認した。

- ・ 臨界実験解析を両機関で独立に実施し、良好な一致を確認。

上記実験データに対する解析を IPPE 及びサイクル機構の解析システムを用いて実施し、以下に示す共通見解をまとめ、国際炉物理専門家会議 PHYSOR2002* (2002年10月)で報告した。

◎ BFS 臨界実験体系の BN600 炉心模擬性は概ね良好であり、現行炉心からハイブリッド炉心への移行によって、臨界性・制御棒価値・燃料領域の核分裂反応率分布・ナトリウムボイド反応度価値等の解析精度に問題となるような影響は生じず、実験誤差及び核断面積誤差の範囲内で良好な解析精度が得られる。(臨界性に関する実験解析結果を図 7.1.1-1 に示す)

◎ BN600 ハイブリッド炉心を模擬した臨界実験体系におけるナトリウムボイド反応度価値はゼロボイド炉心*特有の小さな絶対値(10 ϵ オーダー)を示したが、約 3 ϵ 以下の誤差で解析できる。(図 7.1.1-2 にナトリウムボイド反応度価値解析結果を示す)

・ BN600 ハイブリッド炉心の核設計精度評価手法の明確化。

BN600 ハイブリッド炉心の核設計精度評価に先立ち、暫定評価結果の議論を通じて両機関の手法を比較し、共通点と相違点を明らかにした。(共通点は、核データ誤差、臨界実験データの誤差、及び解析誤差をすべて考慮した上で基本炉定数*を調整し、その結果に基づいて設計体系の解析精度を評価することである。一方、相違点は、評価に使用する核データ及びその共分散*、解析誤差の算定方法、設計者に推奨する炉定数、炉定数調整*に使用する実験データの種類と数、等である)

・ 統合炉定数 ADJ2000R*への BFS 臨界実験情報の活用。

BFS は、サイクル機構が従来の評価に使用してきた ZPPR、FCA*、MASURCA*及び常陽等の炉心とは燃料構造や測定方法が異なるが、現在までに得た実験解析データにより、BFS と既存の臨界実験データ間の整合性が良好であることを確認した。この知見に基づき、BFS-62-1 及び BFS-62-2 体系の実験解析成果の一部を最新の統合炉定数 ADJ2000R 作成に使用した。

・ BFS 臨界実験施設の有用性確認。

本共研を通じて、BFS-2 が商用炉サイズの高速度炉体系を適切に模擬できること、豊富な実験の実績を有すること、高精度の測定技術を維持していること、多様かつ豊富な量の実験用核物質を所有すること等を確認したことにより、実用化 FBR 炉心の核特性評価精度向上に資する臨界実験を将来実施し得る有用な施設であることを確認できた。

(3) 課題と今後の展開

○ロシア許認可への支援・バイバックオプションの推進

- ・ 本年 9 月に終了した最終実験体系 (BFS-66-1 体系) の測定結果及びロシアの BN600 ハイブリッド炉心核設計精度評価結果を 2003 年 3 月末までに入手し、4 年間の共同研究を完了させる。

- ・ サイクル機構では一連の BFS 実験解析結果をすべて用いて BN600 ハイブリッド炉心の核設計精度評価を完了させ、IPPE の評価結果をチェックすると共に成果を公表し、ロシアの許認可を支援する。

○高速炉リサイクルシステム研究開発への寄与

- ・ BFS 実験解析結果をサイクル機構の高速炉核設計データベースに取り込み、基盤技術開発での活用を図る。具体的には、統合炉定数への反映はもとより、次世代炉定数システムへの適用効果が大きいことや、従来の課題 (^{238}U ドブプラ-反応度*及び ^{238}U 捕獲反応率と ^{235}U 核分裂反応率の比[C28/F25 比]に関して ZPPR と FCA の解析値に見られる不整合等) を解明できる可能性を有しており、今後の炉物理研究に活用していく。

7.1.2 3体デモ照射

(1) 目標の達成度

○ロシア許認可への支援・バイバックオプションの推進

- ・ 燃料集合体 3 体について所定の燃焼度まで BN600 で無事照射を完了し、解体プル 20kg の処分が達成できた。これにより照射挙動等詳細については照射後試験の結果を待つ必要があるが、バイバック燃料技術の実証ができた。また、燃料集合体 3 体の製造技術情報を報告書として入手した。

○高速炉リサイクルシステム研究開発への寄与

- ・ BN600 での照射完了は、研究開発の面からバイバック燃料の基本的な技術実証が行えたことから大きな成果である。また、サイクル機構におけるバイバック燃料挙動評価手法の整備方針を策定し、国内 R&D 等研究開発を開始した。

(2) 成果

・ 解体プルを用いた MOX バイバック燃料集合体 3 体の製造。

約 20kg の解体プルをバイバックオプションで使用する予定の RIAR が開発した電解析出で MOX 顆粒とし、バイバック法により被覆管内に充填して燃料ピンを製作、BN600 で照射する MOX 燃料集合体 3 体 (1 集合体あたり 127 本ピンで構成) を製造した (1999 年)。燃料仕様、燃料顆粒特性等の燃料製造情報については、表 4.2.2-1 に示すものを報告書にまとめた (1999~2002 年)。

・ BN600 での照射の完了と解体プル処分の実施。

製造した 3 体の MOX 燃料集合体を 2000 年 5 月から BN600 にて照射し、2002 年 3 月に照射を完了した。照射後のロシア側計算評価値 (正確な値は今後の照射後試験で評価する) では、燃料ピンの照射中の最高線出力が約 400W/cm、被覆管内表面最高温度が約 685℃で燃焼度約 11at.%まで燃焼できたものと評価され、この結果から、国際協力として初めて解体プルを処分 (約 20kg) できたことを確認した。原子炉運転履歴、燃料出力履歴等の照射情報については、燃料挙動評価を行う上で必要と思われる項目を検討し、表 4.2.2-1 に示すものを報告書にまとめた (2000~2002 年)。

・ 照射後試験計画の策定。

照射中の燃料の健全性確認のために2003年2月頃よりRIARにて開始する集合体1体の照射後試験に関し、燃料の挙動把握に必要な情報を取得できるよう、RIAR、サイクル機構の従来経験から必要と思われる項目を検討し、表4.2.2-1に示すものを試験項目とし、測定手法を詳細に規定した試験計画を策定した(2001年)。

・ 照射挙動解析評価手法の研究開発方針の策定。

サイクル機構においては独自に燃料挙動評価手法を整備する予定である。バイパック燃料では、照射中に燃料顆粒間で焼結が起き、焼結領域(従来のペレット燃料と同様の組織)と未焼結領域(製造時の顆粒状の組織)とが生じる。顆粒充填体固有の特性に影響されると考えられる未焼結領域については、サイクル機構において炉外試験*により、評価モデルを構築、焼結領域については既存のペレット燃料用評価モデルを流用すればよいと考えられる。そこで、上記考えに基づき研究開発方針を検討、表4.2.2-2に示す形で評価手法を整備することとした。

・ 照射挙動解析評価手法構築のための炉外試験の開始。

策定した研究開発方針に基づき、表4.2.2-2中の圧縮応力-歪特性評価のための炉外試験から着手した。同試験では、図7.1.2-1に示すように、今後実施するバイパック燃料内の機械的相互作用評価手法構築に必要な顆粒充填体の圧縮特性に関する知見を得た(2002年)。現在、顆粒域の伝熱特性評価、焼結条件評価のための試験を実施中である。

(3) 課題と今後の展開

○ロシア許認可への支援・バイパックオプションの推進

- ・ 2003年2月頃より照射済みMOX燃料集合体1体の照射後試験をRIARにて開始する。2004年末を目処に照射試験結果をとりまとめ、バイパック燃料の健全性を確認し、ロシア国内での許認可対応に反映していく。また、燃料挙動評価手法の整備により得られた手法をもって、照射後試験を評価することでクロスチェックの形でRIARの挙動評価手法の信頼性確認を行う。

○高速炉リサイクルシステム研究開発への寄与

- ・ 2003年度まで国内での炉外試験を通じて、顆粒充填体の熱及び機械特性の評価を進める。それら結果、及び本件で報告書として整理される各種の知見とを活用して燃料挙動評価手法の整備を進める。
- ・ 2004年度に取得できる照射後試験結果を用いた手法の評価精度の確認やそれに基づく手法の改修を行い、整備した燃料挙動評価手法のFSにおける実用燃料候補間の燃料性能評価検討への反映を図っていく。

7.1.3 フルMOXコスト評価

(1) 目標の達成度

○ロシア許認可への支援・バイバックオプションの推進

- ・ BN600 フル MOX 炉心の課題抽出及びバイバック燃料の経済的優位性を明らかにすることで、本オプションの成立性を確認できた。さらに、日本政府(外務省)が G8 で提案するバイバックオプションの重要な根拠を提供することができた。

(2) 成果

- ・ フル MOX 炉心の炉心構成の明確化。年間約 1.3 トン処分の技術的可能性の確認。
事故時のナトリウムボイド反応度を負とするため、燃料集合体上部に約 22cm のナトリウムプレナムを設けるとともに、集合体の燃料領域を約 17cm 短くし、径方向には逆に集合体を現行濃縮ウラン炉心より 60 体(ハイブリッド炉心からは 35 体)追加した扁平な炉心とする。(図 7.1.3-1 にフル MOX 炉心概念図を示す)。また、燃料重量の低下により燃料浮き上がり防止の観点から一次冷却ポンプの吐出圧を 10%程度低減する必要がある。これはインペラ切削、モータ回転数の変更によって調整可能であることが分かった。
- ・ バイバック燃料の製造施設(1.3 トン/年)の建設費試算。経済的優位性の確認。
酸化物への転換工程が簡略化でき、燃料製造工程も簡素なバイバック燃料の特長を反映し、バイバック燃料製造施設の建設費の試算額は約 180 百万ドルとなった。米・露が 2001 年に公表したペレット燃料*製造施設(2.8 トン/年)建設コスト(約 600 百万ドル)に比較するとはるかに安価である。
燃料製造施設運転費を含むバイバック燃料オプションの解体プル処分費は、25 千ドル/kg でペレット燃料 42 千ドル/kg に比較して安価であることが分かった(表 7.1.3-1 にペレット燃料とのコスト比較を示す)。
- ・ 基本的な燃料供給ラインの施設概念の構築。
ロシア共研と同様の仕様で図 7.1.3-2 に示すような具体的な製造ラインのイメージ、製造施設の建物、内部レイアウト等、基本的な施設イメージが得られた。
- ・ 施設概念に基づく物量・コスト評価によるロシア共研の妥当性確認。
施設概念に基づく日本の価格でのコスト評価結果が約 300 億円となった。米露・仏独露でのコスト評価で用いられている建屋の建築費、日露間の人件費、材料費等の比較から、ロシアでの施設の建設コストは、日本価格の約 40%程度になる。このため、共研で示された建設費は、ロシア価格としては、ほぼ妥当なものと確認できた。

(3) 課題と今後の展開

○高速炉リサイクルシステム研究開発への寄与

- ・ 今回得られた解体プルによるバイバック燃料を利用する際のフル MOX の炉心構成、技術的課題、ペレットに比較した経済性評価の情報は、将来の燃料サイクルにおいてバイバック燃料利用を主張する有効な情報でありこれらを使いやすい形にして基盤研究に反映する。

7.1.4 BN600 炉心・燃料設計

(1) 目標の達成度

○ロシア許認可への支援・バイバックオプションの推進

- ・核設計に関する性能を除き、ほとんどの設計図書を入力し、設計内容を確認した。この内容は、実機の運転経験や実機を用いた燃料・材料照射試験等の経験に基づく炉心・燃料仕様によるものである。
- ・入手したハイブリッド炉心構成により、これが国内予備解析と解析条件が概ね同一であることが確認できたため、予備解析で得た核的評価が有効であることが確認できた。また、入手データを反映した解析によるロシア設計の妥当性確認に着手した。

○高速炉リサイクルシステム研究開発への寄与

- ・ロシアから入手したバイバック燃料のスミア密度およびプルトニウム濃度の不均一度の設定方法については、現在サイクル機構で実施しているバイバック燃料を用いた炉心・燃料設計研究に適用している。

(2) 成果

・ロシア炉心・燃料設計の内容確認。

核設計とその誤差評価および炉心設計に関する設計図書・技術仕様書の作成を除くロシア側の設計解析作業を終了し、設計報告書を2002年8月までに入手した。各設計において設計指針とロシア規則の遵守の下、炉心熱設計などが成立（流量配分の成立、集合体浮上り*防止の確認）すること、設計基準事象における炉心安全性が確保されること、炉心燃料集合体および燃料ピンの構造健全性が確保されることを確認した。

・サイクル機構の予備解析による核設計成立性の検討。

予備解析により、ハイブリッド化のための炉心配置、安全性の観点から特に留意されるナトリウムボイド反応度等の特性が把握でき、解体プル処分量の評価を含め、BN600 ハイブリッド炉心の核設計成立性の検討を行った。予備解析から得られた炉心の核的な特性を表7.1.4-1に示す。

・ハイブリッド炉心構成情報の入手。

図7.1.4-1に入手したハイブリッド炉心構成図を示す。バイバックMOX燃料集合体は91体で、径方向ブランケットの削除に伴う出力低下を補うため、炉心燃料集合体総数は369体から394体と約7%増加していることがわかった。

・バイバック燃料の設計条件・設計評価式等の情報入手。

集合体内の温度分布の平坦化を図るため、集合体内の127本ピンのうち最外周36本には楕円形の、その内側91本には円形のワイヤスペーサ*を設ける。（現行BN600炉心にも採用）

バイバック燃料の熱伝導度、熱膨張率、FPガス放出率*、被覆管材質の熱膨張率、スエリング*、照射クリープ*等の物性データを入手した。（サイクル機構が設計報告書入手前に設定していたものとは異なる）

ピン設計条件として、バイパック燃料の燃料カラム*に沿ったスミア密度*およびプルトニウム濃度の不均一度を±5%に設定する。

バイパック燃料集合体および燃料ピンの材料選定は、ロシアの高速炉 BOR60*およびBN600を用いたバイパック MOX 燃料集合体照射試験の結果に基づき行われている。

(3) 課題と今後の展開

○ロシア許認可への支援・バイパックオプションの推進

- ・核設計関連の報告書および炉心設計に関わる設計図書・技術仕様書を2003年2月末までにロシアより入手する。これにより、核設計を含めた設計内容全体を確認する。
- ・ロシアから入手した設計条件や設計評価式等の情報に基づき、炉心解析、設計基準事象における炉心安全性解析、燃料集合体の応力・歪みおよび強度・照射変形解析、燃料ピンの熱・照射特性解析を国内で実施し、2003年3月までに完了する。その結果とロシア設計報告書の結果を比較することにより、2003年度第1四半期までにロシア設計の妥当性を確認する。

○高速炉リサイクルシステム研究開発への寄与

- ・ロシアから入手予定のバイパック燃料を用いた炉心における核設計誤差の考え方、およびロシアから入手したバイパック燃料ピンの設計条件や設計評価式を基盤技術開発として、バイパック燃料を含む炉心・燃料設計に適切に反映する。

7.1.5 BN600 安全解析

(1) 目標の達成度

○ロシア許認可への支援・バイパックオプションの推進

- ・日本側安全評価結果に基づく指摘事項を踏まえてロシア側は安全解析結果の見直しを実施した。これはBN600プラント安全確保のための国際的コンセンサスを得る上での布石となる。
- ・炉心損傷事象については予備解析の結果をロシアに示し、解析の留意点の指摘を行っている。BN600プラントの炉心・原子炉容器構造設計詳細データの入手し、炉心損傷事故の日本側独自評価結果の見直しへ反映し、その信頼性向上をはかりつつある。

○高速炉リサイクルシステム研究開発への寄与

- ・バイパック燃料の安全性の知見、基本物性データ等入手し、解析モデルの改良に反映するとともに、基盤技術開発のためのデータベース拡充に反映した。

(2) 成果

- ・ 1) 異常な過渡変件事象4件(表4.2.5-1①の、1.1, 1.2, 1.5, 1.9)、2) 設計基準事象2件(同2.1, 2.2)、3) 設計基準外事象1件(同3.1)の解析実施。

日本側のチェック解析及びこれまでの原型炉・実証炉及び海外炉の安全解析知見に基づいて、これまでのロシア側評価結果に対して安全解析上の問題点を指摘し、適切な対応を要求した。ロシア側はこれに対応した。

・ 日本側の独自解析として炉心損傷事故(CDA) *過程の予備的解析を実施。

炉心流量減少型スクラム失敗事故(ULOF) *の起因過程*から事故後損傷炉心冷却*までの炉心損傷事故(CDA)過程の予備的解析を日本側解析コードにより実施した。

BN600 プラントの炉心特性及び原子炉容器構造(図 7.1.5-1a)の特徴を踏まえて、熱・機械的な事故影響*を原子炉容器内に保持、格納できるシナリオ(図 7.1.5-1b)を構築する上で重要な設計上のキーポイントを明確にした。

2002 年度及び 2003 年度に実施されるロシア側の CDA 解析では、日本側評価結果を踏まえた評価を実施するように要求した。

・ ロシア側からの基盤技術に資する情報入手(表 4.2.5-1②)

安全解析用バイパック燃料に関する安全性の知見の入手し、日本側安全解析コード SAS4A*のバイパック燃料モデルの改良に反映した。

安全解析用バイパック燃料のクリープ特性*等の基本物性データ、FP ガス放出率データのペレット燃料との比較、及びバイパック燃料の過出力時燃料/被覆管機械相互作用の解析例を基盤技術開発のためのデータベース拡充に充てた。

ロシア側安全解析モデル、及び安全解析事象のロシア許認可上の位置づけと判断基準に関する情報の入手した。

(3) 課題と今後の展開

○ロシア許認可への支援・バイパックオプションの推進

- ・ 2002 年度、及び 2003 年度計画のロシア側安全評価項目の実施を推進する。
- ・ ロシア側より入手した安全解析用バイパック燃料物性データ、ハイブリッド炉心・原子炉容器系構造設計詳細データを使用して、これまでの日本側独自評価を見直すと共に原型炉・実証炉、及び海外炉の安全解析経験に基づきロシア側による炉心損傷事故解析評価の妥当性をチェックし、課題を指摘して、対応を要求して行く。
- ・ 日米露(及び欧からオブザーバー出席)安全性専門家会議を開催してロシア側評価結果をレビューし、BN600 プラント安全確保のための国際的コンセンサスを得る。
- ・ なお、表 4.2.5-1①で米国分担の全項目は、現状では諸般の政治的事情で未契約状態にあり、未実施である。これらの米国分担分に関しては、今後、米・露・日 3 国間で対策を協議する。

○高速炉リサイクルシステム研究開発への寄与

バイパック燃料の安全性に関する知見、ロシア側の安全解析モデルに関する情報、及びロシアの許認可安全解析の考え方と安全基準、に関する有用な情報を基盤技術開発のためのデータベース拡充に役立てる。

7.1.6 RIAR 施設整備

(1) 目標の達成度

○ロシア許認可への支援・バイパックオプションの推進

- ・ 契約調整等により、施設の完成は 2004 年末であり、現在最終的な設計及び一部の機器の購入を開始した段階である。また、施設安全に関するチェック作業としてロシアの規制を調査し、現設計の適合性について確認した。

○高速炉リサイクルシステム研究開発への寄与

- ・ 2001 年度までに取得された UO_2 ベースでの国内実施 R&D によりバイパック燃料の顆粒製造、充填条件の明確化等による製造見通しを得たこと及びそのバイパック燃料の輸送時に顆粒移動等がなく安定していることを明確にでき、FS の 2003 年度の間及び 2005 年度の最終評価に資するデータが提供できた。

(2) 成果

- ・ RIAR 施設内の新規製造ライン設置場所選定終了。配置設計、機器詳細設計の進捗。

契約調整のため約 1 年半遅れたこと等により、完成予定が 2004 年 12 月に遅れる予定。グローブボックス*に燃料製造機器を設置することから既存セル*に機器を設置することに変更し契約変更作業及び再設計中であり一部機器製作を開始している。設計情報に関する正式なデータ入手ができていない。(新規製造ラインの設置場所を図 7.1.6-1 に示す)

- ・ 安全性に関わるロシア国内法規の調査。

放射線安全に関する法律を調査し従事者の照射量制限は日本と同等であることがわかった。また管理区域の汚染許容レベルも大きな差異はないことが明らかになった。閉じ込めに関する考え方で多重障壁による閉じ込め*を行う日本と考え方の相違があることが明らかになった。

- ・ 施設の安全設計に関する情報入手、法令遵守の確認。

サイクル機構より安全の専門家を派遣し、RIAR 側と議論し安全に関わる設計情報を一部入手し、施設の設計がロシアの法令を遵守した設計であることを確認した。なお、運用面ではサイクル機構施設は汚染をさせないことを目標に厳しい管理をしているが、ロシアでは法律の汚染限度で範囲で運用している。

- ・ 国内 R&D による顆粒製造の塩素ガスの反応効率* (塩素ガス使用低減の為) 向上。

塩素ガス使用量の低減のために、吹き込み管の工夫により 4 倍程度効率向上ができることを確認した。

- ・ 均一・高密度のバイパック燃料製造条件の明確化。(UO₂ベースでのデータの取

得)

電解析出顆粒 (UO_2) の均一・高密度充填ピン製造のための振動条件、顆粒装荷方法の検討により平均密度 80%以上で偏差 $\pm 5\%$ の充填ピンの製造可能性が明確になった。(充填ピンの密度分布を図 7.1.6-2 に示す)

- ・ バイパック燃料の輸送時安定性の確認。(UO₂ ベースでのデータの取得)

バイパック燃料の輸送中に顆粒の移動等による密度変化がないことにつき輸送時を模擬した加振を与える試験で確認した。

- ・ 廃棄物処理システムの基礎データ取得。

電解析出でのルツボ*廃棄物減容のため燃焼処理をする場合のアメリシウム等のフィルターへの移行率を取得した。

(3) 課題と今後の展開

○ロシア許認可への支援・バイパックオプションの推進

2004 年末にプルトニウム年間 0.3ton の燃料製造能力を持つ施設の完成を目指して以下のスケジュールで作業をすすめる。

- ・ 2002 年度は詳細設計を完了させ、一部の機器の製造、購入を行う。
- ・ 2003 年度末にはピン製造ライン、ピン除染、集合体組立装置を完成させ、これらの試運転を行う。
- ・ 2004 年には顆粒製造ラインを完成させ集合体 1 体製造による総合試験を行う。
- ・ なお設備・機器の安全(火災防止等)について、情報を入手し確認していくとともに今後施設管理等の確認を行う。

○高速炉リサイクルシステム研究開発への寄与

RIAR からの以下のスケジュールで設計情報(MOX バイパック燃料製造技術)入手する。

- ・ 2003 年度には燃料顆粒製造、燃料ピン製造等に関わる機器設計情報の入手。
- ・ 2004 年度にはバイパック燃料の試運転・試作情報等の入手。

試運転情報については MOX 顆粒バイパック燃料の製造条件を入手予定であり、 UO_2 による製造技術関係の国内 R&D の結果と合わせて、FS の乾式再処理*に対応したバイパック燃料技術の成立性検討に提供していく予定である。

7.2 研究開発状況のまとめ

(1) ロシア許認可への支援、バイパックオプションの推進

①バイパックオプションの推進により、他のオプションに先駆けて有意量(～20kg)の解体プル処分を 3 体デモ照射で果たした。また、BN600 ハイブリッド炉心化のための研究開発を開始した。

②ペレット法に比して実績の乏しかったバイパックオプションを実現性のあるも

のとし、解体プル処分の有力なオプションとしてG8でのロシア解体プル処分の全体計画検討に資することができた。

- ③ロシアの研究機関との間で技術協力の枠組みを作り、共同研究の契約を通じて実際の協力作業を行うことにより今後の協力の基礎が築けた。(参考としてロシア研究機関の現地調査・専門家会合等について表7.2-1にまとめる。)

(2) 高速炉リサイクルシステム研究開発への寄与

- ①バイバック燃料の3体デモ照射により、バイバック燃料が高速炉で安全に燃焼することが実証できた。
- ②バイバック燃料の製造技術・挙動評価については将来の燃料サイクル構築のための一候補として、FSの評価に活用できるデータを提供することができた。
- ③その他、臨界試験、炉心燃料設計等についても高速炉の設計高度化のため、基盤的な技術開発に反映できる多くのデータを入手できた。

(3) 課題と今後の展開

- ・ロシア側作業の妥当性を確認しつつ、日露共研を予定通り遂行し、BN600ハイブリッド炉心化の許認可支援を行う。
- ・BN600プラント安全性について国際的コンセンスの確立に寄与する。
- ・RIARの改造整備を通じ、ハイブリット炉心に必要な年間50体規模でのバイバック燃料製造に貢献する。
- ・バイバック燃料製造技術の取得、燃焼挙動評価の整備等を通じて燃料サイクルの一候補であるバイバック燃料利用に関し、情報をまとめ、FSの検討に反映する。
- ・臨界試験、炉心燃料設計、安全性、経済性評価等に必要な情報を整理し、バイバック燃料利用に関する基盤的な技術開発に反映する。

8. 成果の普及及び公開について

- ・本件を進めるに当たっては、進捗状況に応じ、広く国内外のフォーラム、学会等を通して成果の発表を行うとともに、成果は報告書として取りまとめ、サイクル機構の情報公開指針に従って公開している。解体プル処分に係る外部報告・公開文献のリストを表8-1にまとめる。今後も積極的な成果の公開に努める。

9. 措置事項の対応状況

課題の目的・意義

国際貢献と技術開発という本件の持つ二面性に配慮し、バランスを失することなく業務を進めてまいります。本件が、実用化戦略調査研究との関連も深く、緊急性、重要性や社会的・経済的ニーズの点からサイクル機構が優先して実施すべき課題であることを再認識し、着実に技術開発を進めるよう努めてまいります。

目的の二面性に配慮し、技術開発を進めてきた。特に基盤技術、FSへの反映に

鑑み、入手データを順次とりまとめ、情報提供を行ってきた（各項目の成果欄参照）。今後も核不拡散への貢献、サイクル機構の研究開発への反映に留意しつつ着実に作業を進める。

研究開発目標

研究開発目標を十分に達成できるよう努めてまいります。また、ご指摘にありましたように、計画全体が国際政治上の戦略的なプロジェクトであることを配慮しつつ可能な限りの技術情報の入手に努めてまいります。

計画全体が国際政治上の戦略的なプロジェクトであることの配慮の観点から、広範囲での技術情報の入手を行うべく、専門的な技術会議のみならず、G8、米露との政府間協議に参画するとともに、国際フォーラム等で情報の入手に努めてきた（表7.2-1参照）。今後できる限りの情報入手に努める。

研究開発計画

ご指摘にありましたように計画の遂行にあたっては、研究開発目標を達成するために必要な研究開発計画を立て、また、途中で計画変更をも行え得る柔軟性を持って進めてまいります。また、ロシアとの共同作業として、日本側がロシア側に期待する内容とその実施・遂行計画について詳細に検討いたします。

目標・計画の明確化、柔軟な計画変更の観点から技術開発計画を具体化し、状況に応じた変更を行ってきた（第4章.4.1変更と4.2計画参照）。今後も目標達成を目指して着実に進めていきたい。

研究開発体制

実施体制につきましては、今後とも状況の変化に対応して適切に整備・強化してまいります。また、関係国と調整を進め実施計画を完成すること、さらにサイクル機構の研究開発業務との整合性をとることに留意するとともに、ロシアを始めとする関係国の機関と一層緊密な協力・連携体制を構築してまいりたいと努めます。また、国内の他機関との協力体制も整備してまいります。さらに、本計画の遂行に当たっては外部委員会を設置し、専門家のご意見を頂いて業務に反映させてまいりたいと考えております。また、成果をサイクル機構が進める核燃料サイクル技術の研究開発に反映できるようにするため、計画の進展に合わせてロシアへの技術者の長期派遣などを検討してまいりたいと存じます。

体制の整備・強化の観点から、ロシアを始めとする関係国の機関と一層緊密な協力・連携体制の整備、国内の他機関との協力体制の整備、外部有識者による委員会の設置を行った（図5-1、第5章・外部有識者委員会参照）。またロシアへの技術者の長期派遣については、照射後試験、RIARでの施設改造後の試作時期等重要な期間で実施できるよう検討を進めている。

資源配分

ご指摘のとおり、資金については、ロシア側に提供される資金の妥当性あるいは合理性について十分確認するよう努めてまいります。

ロシア側に提供される資金の妥当性あるいは合理性の観点から入手情報等の十分な確認を行うよう努めている。

期待される成果及び波及効果

本件を進めていくに当たっては、我が国高速炉の実用化に向けた研究開発へ可能な限りフィードバックできるよう努めるとともに、核不拡散への貢献を忘れないよう留意してまいります。

成果については目的の二面性に留意し、とりまとめを行っている。今後は成果のとりまとめがピークになるので着実に作業を進めていきたい。

成果に対する情報公開の考え方

本件を進めていくに当たっては、国際的な会議での発言等により、日本が解体プルトニウム処分を通じて、国際平和の増進に寄与していることが世界に知られるよう努めてまいります。また、得られた情報については、サイクル機構の情報公開指針にしたがって公開してまいります。

国際的な会議での発言等情報発信の観点から日本が解体プル処分を通じて、国際平和の増進に寄与していることが世界に知られるよう努力してきた。また、得られた情報についても公開に向けて最大限の努力をしてきた（表8.1参照）。今後も海外を含めた積極的な情報発信を行うとともにサイクル機構の情報公開指針にしたがった公開に努める。

以上

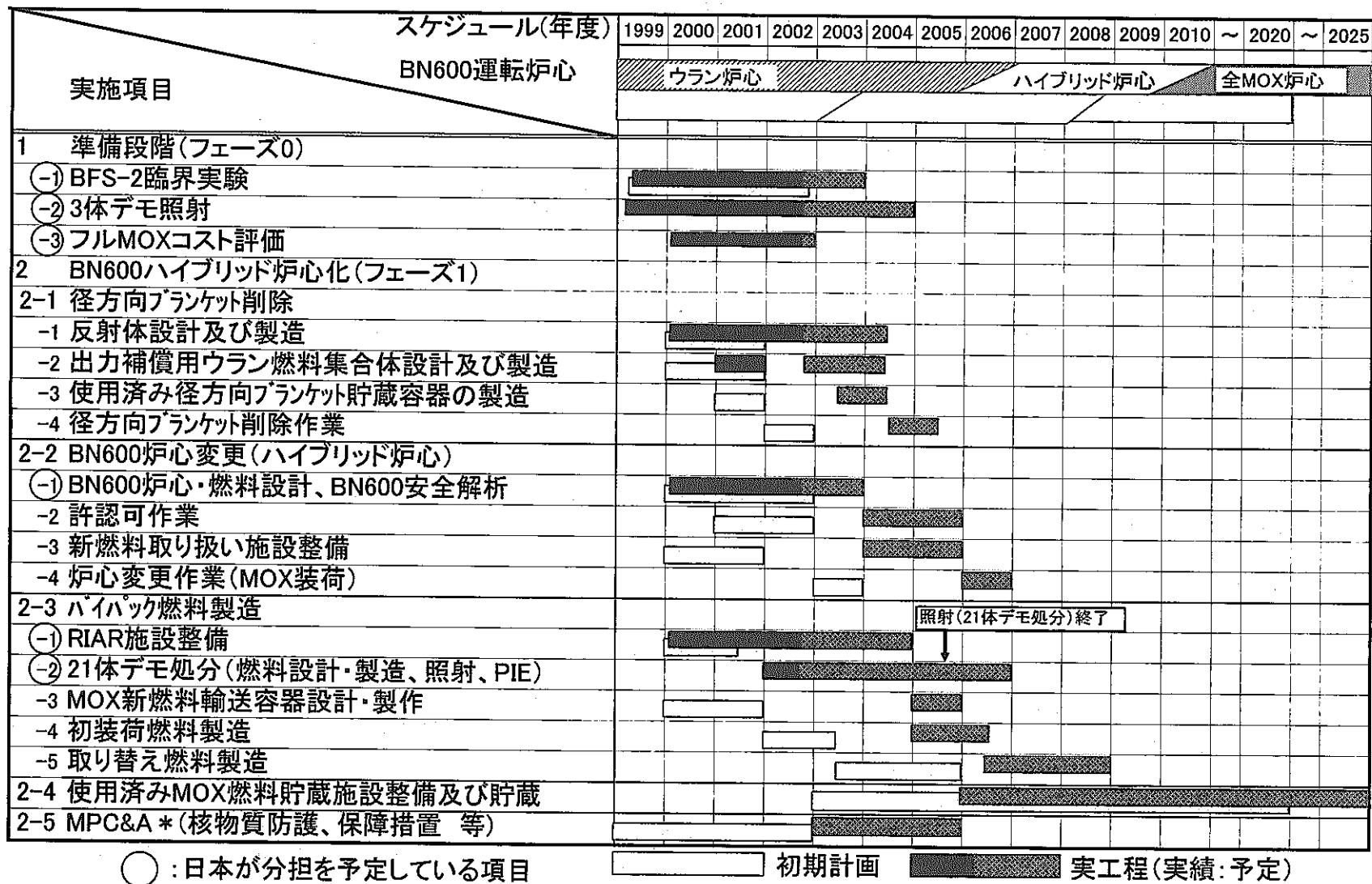


図4.1-1 BN600ハイブリッド炉心化のスケジュール案の変更状況

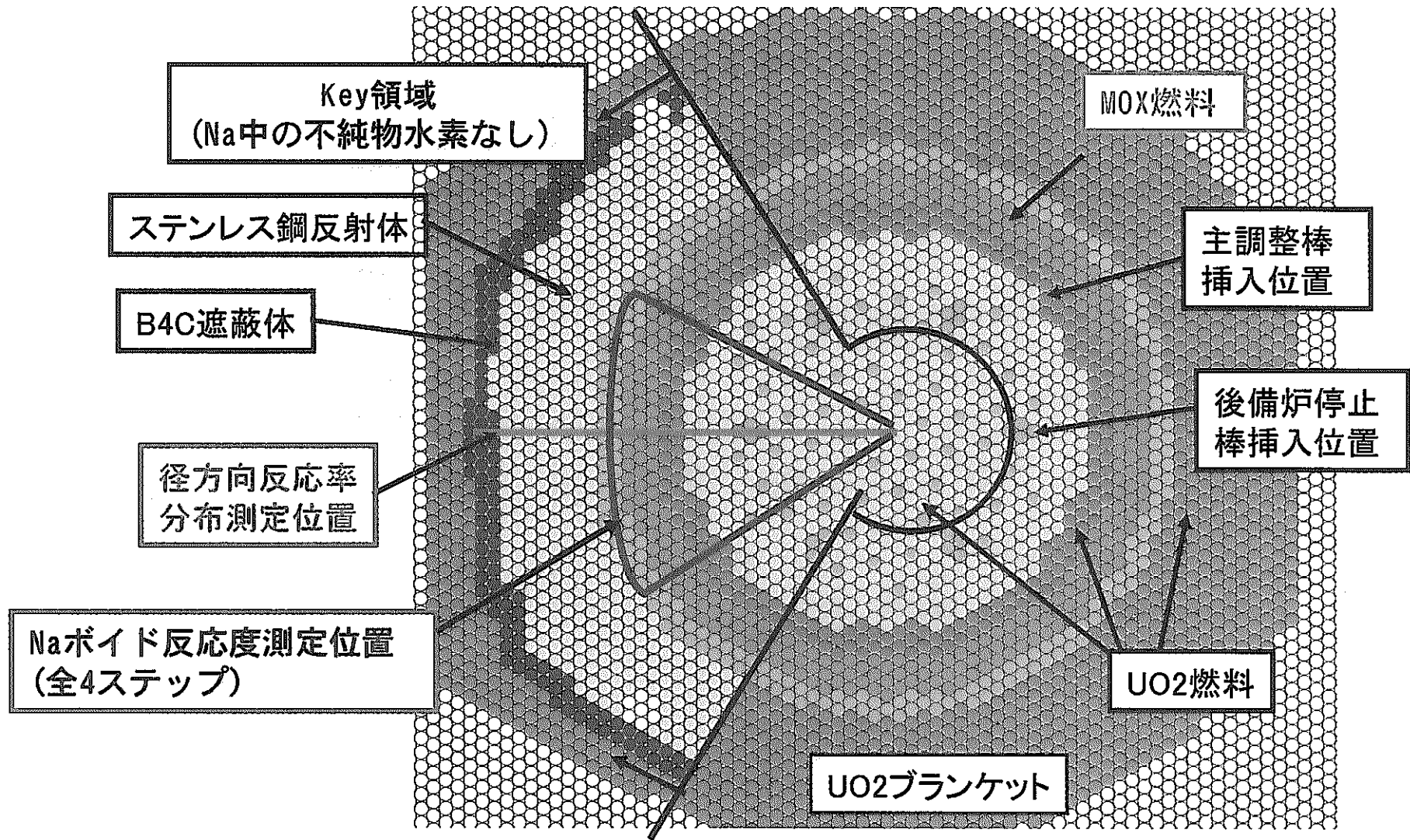


図4.2.1-1 BFS-2炉心配置例 (BFS-62-3A体系)

表4.2.1-1 BFS臨界実験体系

	体系ID.	燃料領域の 模擬対象	周辺領域の模擬 対象	主目的	計画	測定	解析	報告
I	62-1	UO ₂	UO ₂ ブランケット	現行BN-600の 特性評価	◎	◎	◎	○
II	62-2		SUS反射体	ブランケット/反射体 置換効果	◎	◎	◎	○
III	62-3A	UO ₂ + MOX	SUS反射体	ハイブリッド炉心の 特性評価	◎	◎	◎	○
IV	62-4		UO ₂ ブランケット	反射体/ブランケット 置換効果	◎	◎	◎	○
V	62-5	MOX(中央部等) + UO ₂	UO ₂ ブランケット	MOX炉の 炉物理パラメータ評価	◎	◎	△	
	66-1	MOX(中央部) +UO ₂ +Naプレナム	UO ₂ ブランケット	フルMOX炉心の 特性評価	◎	◎	△	

◎:終了、○一部実施、△準備中

表4.2.1-2 臨界実験における測定データ

測定パラメータ	測定方法(制御棒全引抜模擬状態が基準)	備考
臨界性	ペリオド法*により、過剰反応度を測定	測定値: 10~20ε程度
スペクトルインデックス* (核分裂反応率比)	炉中心。F49/F25, F28/F25。小型核分裂検出器の位置を少しずつ動かして、1つの燃料セルの平均値を測定。	
核分裂反応率分布	小型核分裂検出器(²³⁵ U, ²³⁹ Pu, ²³⁸ U)を炉心の種々の位置に装荷して測定し、炉中心の測定値に規格化。	径方向分布はKey*領域 軸方向分布は炉中心
ナトリウムボイド 反応度値	燃料部及び上部軸ブランケット部のナトリウムが存在する状態と、存在しない状態で、それぞれ過剰反応度を測定し、その差を求めた。	BFS-62-2,3AではKey領域の中央60°方向の各燃料領域(LEZ, MEZ, PEZ, HEZ)毎に順次測定(総計-20~-30ε程度) BFS-66-1では炉の中心領域で測定
制御棒反応度値	基準状態(B ₄ C吸収体が炉心燃料部より上方に設置された状態)からB ₄ C吸収体を炉心に挿入し、その後の中性束応答から反応度を測定。	測定値: 40~100ε程度

ドップラー反応度値、C28/F25反応率比(増殖比index)、サンプル反応度値: BFS-62-5のみ

表4.2.1-3 両機関の核特性解析システムの比較

		JNC	IPPE
標準解析手法	核データ 炉定数(エネルギー群数)	JENDL-3.2 JFS-3-J3.2R(70群)	FOND-2 ABBN-93(299→28群)
	実効断面積計算時の 共鳴領域の取り扱い	F-因子法	サブグループ法
	拡散計算	CITATION-FBRコード (有限差分法)	TRIGEXコード (修正粗メッシュ法)
	輸送計算	TRITACコード(3次元)	TWODANTコード(2次元)
	感度係数・炉定数調整計算	SAGEPコード・ABLEコード	INDEXコード・CORE50コード
詳細検討用解析ツール		超詳細群定数の適用 (基本群数175、 共鳴領域～10万群)	3次元多群(299群) モンテカルロコード (MMK-KENO)

核データ及び解析手法が独立で、機能はほぼ類似

表4.2.2-1 照射、照射後試験の取得情報概要

試験項目	取得情報		FSへの反映	
	項目	主要情報		
照射試験	燃料ピン、燃料集合体の設計仕様	寸法、構造等	特に無し 燃料製造技術開発へ反映	
	燃料顆粒製造方法	手法概説、使用機器、制御因子、運転条件等		
	燃料顆粒充填方法	手法概説、使用機器、制御因子、運転条件等		
	燃料顆粒性状情報	実際の燃料組成等		
	燃料ピン組み立て・品質検査情報	実際の燃料ピン寸法、密度分布等		
	燃料集合体組み立て・品質検査情報	実際の燃料集合体寸法等		
	設計仕様に基づく燃料の安全解析	手法、使用物性、評価結果等		燃料性能評価へ反映
BN600での照射に関する情報	運転履歴、出力履歴、温度履歴等			
照射後試験	非破壊試験	集合体の目視検査	表面異常の有無	燃料性能評価へ反映
		集合体の寸法測定	寸法変化	
		バンドル上部観察	ピン異常伸長の有無	
		燃料ピンのKr85リーク試験	ピン破損の有無	
		燃料ピンの目視検査	表面異常の有無	
		燃料ピンの寸法測定	寸法変化	
		燃料ピンのγスキャン	FP分布状態	
		燃料ピンの渦電流探傷試験	FCCI指標	
		燃料ピンのX線ラジオグラフィ	燃料状態	
		燃料ピンのバンクチャ試験	FPガス放出状態	
	破壊試験	燃料ピンの金相試験	微視的燃料状態	
		燃料ピンのEPMA解析	微視的要素分布状態	
		燃料ピンの残留ガス分析	微視的FPガス放出状態	
		燃料ピンの燃焼度測定	微視的燃焼状態	
	燃料ピンの被覆管密度測定	被覆管スエリング状態		

表4.2.2-2 バイパック燃料照射挙動評価手法整備の検討項目

検討項目	評価すべき主要な特性		対応
	種別	項目 <国内R&D(炉外試験)>	
熱特性評価 (燃料の照射中の 温度評価)	未焼結領域 (顆粒状領域)	熱伝導度 <熱特性試験>	炉外試験を行い新規に評価モデルを構築
		粒子間焼結特性 <焼結特性試験>	
		密度・組織変化	
		化学的挙動(元素再分布、FPガス放出等)	
	焼結領域	熱伝導度	既存のペレット燃料用評価モデルを流用
		密度・組織変化 化学的挙動(元素再分布、FPガス放出等)	
機械特性評価 (燃料の照射中の 応力状態の評価)	未焼結領域 (顆粒状領域)	圧縮-歪特性 <FCMI特性試験>	炉外試験を行い新規に評価モデルを構築
		クリープ特性	
		スエリング特性	
		ホットプレッシング特性*	
	焼結領域	圧縮-歪特性	既存のペレット燃料用評価モデルを流用
		クリープ特性	
		スエリング特性	
		ホットプレッシング特性	
	燃料全体	焼結領域/未焼結領域/被覆管間の 機械的相互作用(応力-歪特性の評価)	炉外試験を行い新規に評価モデルを構築

表 4.2.3-1 フル MOX 化コスト評価の検討項目と範囲

検討項目	共同研究での検討項目	国内 R&D での検討項目	反映先
燃料製造施設のコスト評価	<ul style="list-style-type: none"> 候補地の選定、建物の設計・建設、施設・整備及び主な技術仕様 建設に必要な研究開発項目、設計項目 施設の運転方法 製造燃料のサイトへの移送方法 	<ul style="list-style-type: none"> 乾式再処理技術をベースとした施設 の設計、コスト評価 物量妥当性評価 必要な研究開発項目の検討 	バイバック燃料利用に係る基礎的なデータベースとする
BN600 炉心変更の検討	<ul style="list-style-type: none"> フル MOX 炉心への改造計画 ナトリウムポンプ（一次冷却系）の改造 ハイブリッド⇒フル MOX への移行手順 炉心改造、変更に伴う研究開発項目 炉心改造に伴う設計項目 	<ul style="list-style-type: none"> 改造計画の妥当性評価 ポンプ改造方法の妥当性評価 	バイバック燃料利用に係る基礎的なデータベースとする
新燃料貯蔵、取扱い施設のコスト評価	<ul style="list-style-type: none"> 新燃料貯蔵施設、取扱い施設の改造に必要な範囲の検討 建物、施設、設備、機器の技術仕様 施設の改造に伴う設計項目 	—	—
フル MOX 化の課題抽出	<ul style="list-style-type: none"> 炉物理等確認・検討の必要な項目 安全解析において確認・検討の必要な項目 	<ul style="list-style-type: none"> 炉物理、安全関連の確認・検討項目の抽出 共研での抽出項目の妥当性評価 	バイバック燃料利用に係る基礎的なデータベースとする
全体計画	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクト全体のコスト評価、積算根拠 処分スケジュール 	<ul style="list-style-type: none"> 米露、仏独露等既コスト評価との比較 材料費、人件費、建屋建設価格等の日露コスト評価比較 コスト、スケジュールの妥当性評価 全体シナリオの策定 	G8 等への日本提案（本格処分段階の処分オプション）に反映する。

表 4.2.4-1 炉心・燃料設計の研究項目と範囲

項目	範囲		
	ロシア設計	国内解析	研究開発への反映
炉心設計	<ul style="list-style-type: none"> 設計解析の実施 設計指針の策定、核設計、熱設計、設計基準安全解析、炉心燃料放射線解析、炉心燃料集合体応力・歪み解析 設計成立性の確認 解体プル処分の実現性、径方向ブランケット削除によるプルトニウム生成の抑制、取出燃焼度の増加、低ナトリウムポイド反応度、流量配分成立、集合体浮上り防止の確認、設計基準事象における炉心安全性確保、ロシア規則の遵守 設計図書・技術仕様書の作成 	<ul style="list-style-type: none"> 予備解析による核的な設計成立可能性の確認 入手された炉心仕様に基づく、日本側解析手法によるロシア側炉心設計の妥当性の確認 	<ul style="list-style-type: none"> バイバック MOX 燃料集合体を用いた炉心における核設計誤差の考え方の入手 上記入手情報の炉心・燃料設計への反映方法の検討・整理
燃料集合体設計	<ul style="list-style-type: none"> 設計解析の実施 設計指針の策定、燃料集合体の強度・照射変形解析 設計成立性の確認 構造健全性の確保、ロシア規則の遵守 設計図書・技術仕様書の作成 	<ul style="list-style-type: none"> 入手された燃料集合体仕様に基づく、日本側解析手法によるロシア側燃料集合体設計の妥当性の確認 	<ul style="list-style-type: none"> バイバック MOX 燃料集合体の設計および材料選定の考え方の入手 上記入手情報の炉心・燃料設計への反映方法の検討・整理
燃料ピン設計	<ul style="list-style-type: none"> 設計解析の実施 設計指針の策定、燃料ピンの熱・照射特性解析 設計成立性の確認 構造健全性の確保、ロシア規則の遵守 設計図書・技術仕様書の作成 	<ul style="list-style-type: none"> 入手された燃料ピン仕様に基づく、日本側解析手法によるロシア側燃料ピン設計の妥当性の確認 	<ul style="list-style-type: none"> バイバック MOX 燃料ピンの設計評価式（燃料の熱伝導度・熱膨張率・FP ガス放出率、被覆管の熱膨張率・スエリング・照射クリープ等）、設計条件、材料選定の考え方の入手 上記入手情報の炉心・燃料設計への反映方法の検討・整理

表 4.2.5-1 安全解析項目及び基盤技術開発のためのデータベース拡充項目

①BN600 ハイブリッド炉心安全解析項目

項目	分担	ロシア側安全評価項目	日本側安全評価への反映
(a) 異常な過渡事象評価 (12 事象: 実施期間 2001-2003)	日本 (9 事象)	1.1 中性子導出管破損ナトリウム横溢 1.2 被覆管破損による冷却材中への FP ガス放出 1.3 一次系ポンプ3基運転中のチェックバルブ 1 基閉 1.4 蒸気発生器水供給系故障 1.5 主循環ポンプ潤滑系故障、1次系へのオイル混入 1.6 1主冷却系ポンプ1基停止(バイパック燃料炉心) 1.7 制御棒誤引抜き(バイパック燃料炉心) 1.8 シム制御棒誤引抜き(バイパック燃料炉心) 1.9 地震時の炉心挙動評価	・特に無し。 (注 1) 日本側は、ロシア側解析結果をレビューし、安全解析上の問題点を指摘し、適切な対応を要求している。実施済みの項目に関しては、ロシア側はこれに対応している。
	米国 (3 事象)	1.10 使用済み燃料貯蔵ドラム冷却系故障 1.11 集合体引抜き中の回転プラグ回転防止インターロックシステム故障 1.12 新燃料・使用済み燃料装荷中の貯蔵ドラム回転	(現状では、米露間は未契約)
(b) 設計基準事象評価 (3 事象: 実施期間 2001-2002)	日本 (2 事象)	2.1 燃料被覆管健全性検出系有効性評価のためのナトリウム流速分布解析 2.2 集合体断面閉塞燃料溶融、隣接集合体列への伝播による設計基準事象の全過程解析用コード (GRIF-SM) の改良と解析	・特に無し。 (注 1)に同じ。
	米国 (1 事象)	2.3 燃料集合体冷却異常	(現状では、米露間は未契約)

項目	分担	ロシア側安全評価項目	日本側安全評価への反映
(c) 設計基準外事象評価 (5 事象: 実施期間 2001-2003)	日本 (4 事象)	3.1 全電源喪失事象の解析 3.2 1次系への大量の炭素又は水素含有物質の混入(1次系ポンプ潤滑系、もしくは炉容器内遮蔽体から) 3.3 外電喪失+非常用電源喪失+原子炉保護系故障(ULOF)(バイパック燃料炉心) 3.4 外電喪失+非常用電源喪失+原子炉保護系故障(ULOF)(炉心損傷シナリオ全過程の解析と事故影響評価)	・特に無し。 (注1)に同じ。 (→これらの炉心損傷事故に関しては日本側の解析コードにより独自に解析し、その結果をロシア側へ伝えている。今後、ロシア側解析結果が得られた時点でクロスチェックを実施する。)
	米国 (1 事象)	3.5 ナトリウム流による集合体の炉心から上部プレナムへの浮き上がり(スクラム有り)	(現状では、米露間は未契約)
(d) 確率論的安全評価 (実施期間 2002-2003)	日本	レベル1PSA*	・特に無し。 (注1)に同じ。
(e) バイパック燃料装荷炉心安全解析用入力データの準備 (実施期間 2001)	日本	(1)安全解析用バイパック燃料の物性データの準備と異常時の挙動解析例示 (2)安全解析用原子炉容器系構造設計詳細データの準備	→安全解析コード SAS4A へのバイパック燃料モデルの改良に反映 →炉心損傷事故(設計基準外事象)の日本側評価の信頼性向上に反映
(f) 従来解析コードの改良 (3 件: 実施期間 2001-2002)	日本	6.1 溶融燃料とナトリウムの熱的相互作用解析及び安全解析のための従来コードの改良 (INTERACT, INTERACT-SA) 6.2 設計基準外事象シナリオの最終段階(再臨界及び炉心膨張過程)の解析のための従来コードの改良 (TWEXCO, DYNAMICA-2)	(注1)に同じ。 (・ロシアの解析モデルに関する有用情報は基盤技術開発データベース拡充への反映する。)
	米国	6.3 設計技術外事象シナリオの最終段階(炉心燃料デブリの冷却閉じこめ)解析のためのコード改良	(現状では、米露間は未契約)
(g) 許認可に用いる解析コードの検証・認証(2002年)	米国	GRIF, GRIF-SM, DINROS, DYN800 コードの改良	(現状では、米露間は未契約)

②基盤技術開発のためのデータベース拡充

項 目	ロシアから得られる情報	基盤技術開発データベース拡充への反映
(a) バイパック燃料の安全性に関する知見	<ul style="list-style-type: none"> ・バイパック燃料のクリープ特性等の基本物性データ、FPガス放出率データのペレット燃料との比較 ・バイパック燃料の過出力時燃料/被覆管機械相互作用の解析例 ・バイパック装荷ハイブリッド炉心の安全解析結果 	<ul style="list-style-type: none"> ・将来燃料候補としてのバイパック燃料の安全性評価に反映する。
(b) ロシア側の安全解析手法に関する情報	<ul style="list-style-type: none"> ・安全解析で使った解析コードの計算モデルの内容 ・最新の知見を反映した炉心損傷事故解析のために準備される従来コード改良モデルの内容 	<p>(現時点までは有用な情報はない。日・米・欧の既往解析モデルの知見に基づいて、これまではロシアモデルに対して課題を指摘した。)</p>
(c) ロシアの許認可安全解析の考え方と安全基準	<ul style="list-style-type: none"> ・安全解析事象の許認可上の位置づけと判断基準 ロシアにおける安全規制及び燃料破損制限に従った安全評価の考え方 	<ul style="list-style-type: none"> ・ロシアの許認可安全基準情報としてデータベースに反映する。

表 4.2.6-1① RIAR の施設安全に関する検討項目

項目	RIAR 整備検討項目	国内 R&D 検討項目	安全評価への反映
安全関連	ベンチレーション設計 各種警報装置 外部の影響（爆発・自然現象） 臨界等の対処 配置設計	ロシアの燃料製造施設関係法令 許認可手続き	閉じ込めに関わるベンチレーション等はロシアの国内法規を遵守して設計されていることを確認。

表 4.2.6-1② RIAR 施設整備における取得情報概要

項目	RIAR 整備検討項目	国内 R&D 検討項目	FS への情報
顆粒製造技術	・ 機器設計情報（工学生産規模） （電解槽、洗浄機器等の機器情報、配置設計） ・ 試運転による顆粒製造条件	・ 塩素化溶解条件（塩素低減条件） 及び電解析出試験（ UO_2 ） ・ 塩素ガスリサイクルシステムの基礎データ	・ 振動充填に適した顆粒製造条件の検討に反映。（ UO_2 ベース） ・ 同上（MOX ベース）
バイバック燃料製造技術	・ 機器設計情報（工学生産規模） （自動化、遠隔化のピン製造機器） ・ 試運転によるバイバック燃料製造条件	・ 電解析出顆粒（ UO_2 ）の充填条件（振動条件、顆粒装荷方法等）	・ 均一・高密度の燃料製造に関する検討に反映（ UO_2 ベース） ・ 同上の MOX への外挿評価に反映
廃棄物処理技術	・ 機器設計情報 ・ 試運転による坩堝焼却等の廃棄物処理のデータ	・ RIAR の廃棄物処理システム設計レビューのための基礎データ ルツボ燃焼時のアメリカシウムのフィルターへの移行率	・ 廃棄物処理システムの設計例として設計に反映
燃料健全性 （製造—輸送）	—	輸送時安定性試験にて輸送を模擬した振動で密度分布が生じないことを確認。	輸送中にバイバック燃料の密度分布変化が生じないことを確認

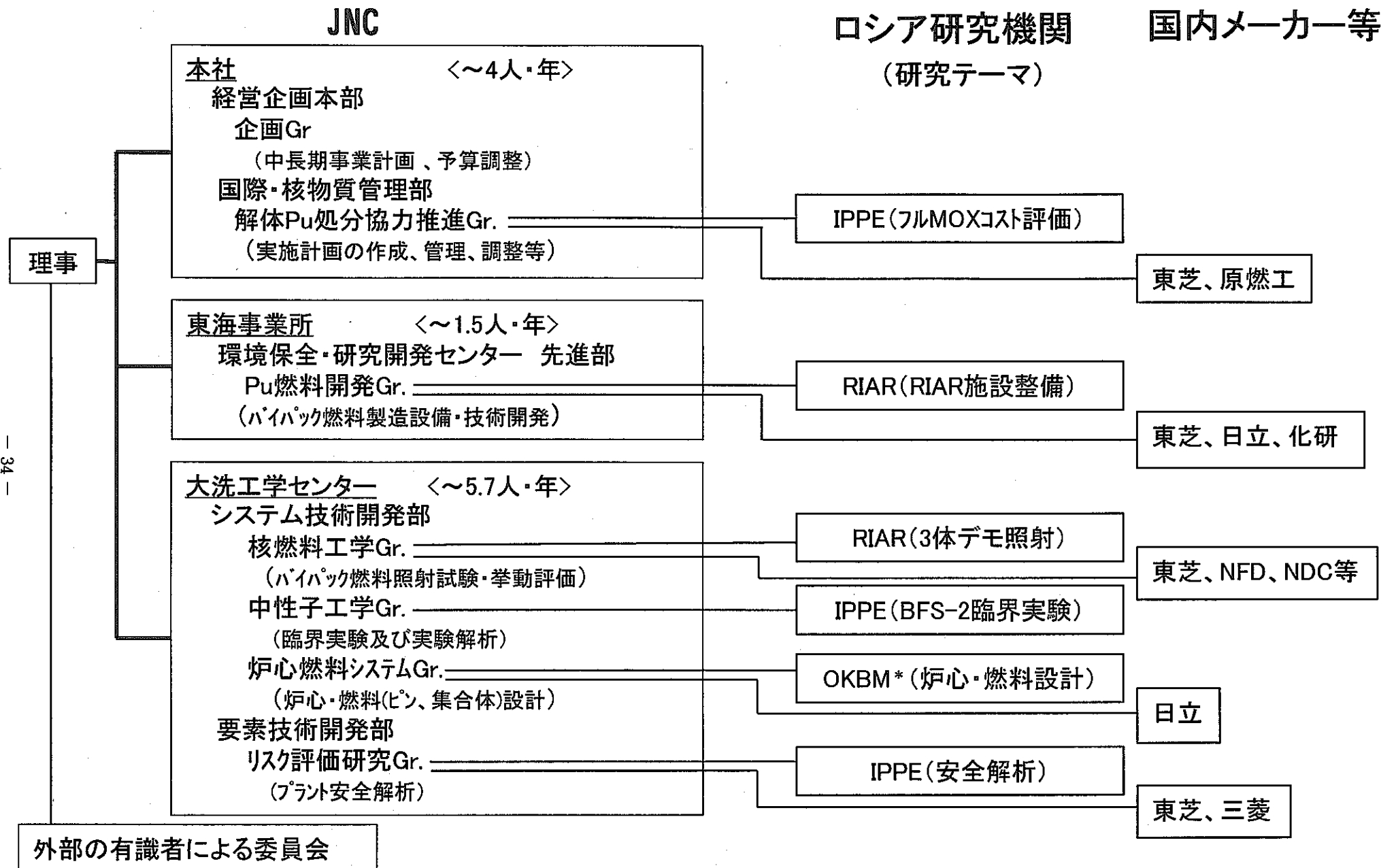


図5-1 日露共同研究、国内技術評価の実施体制

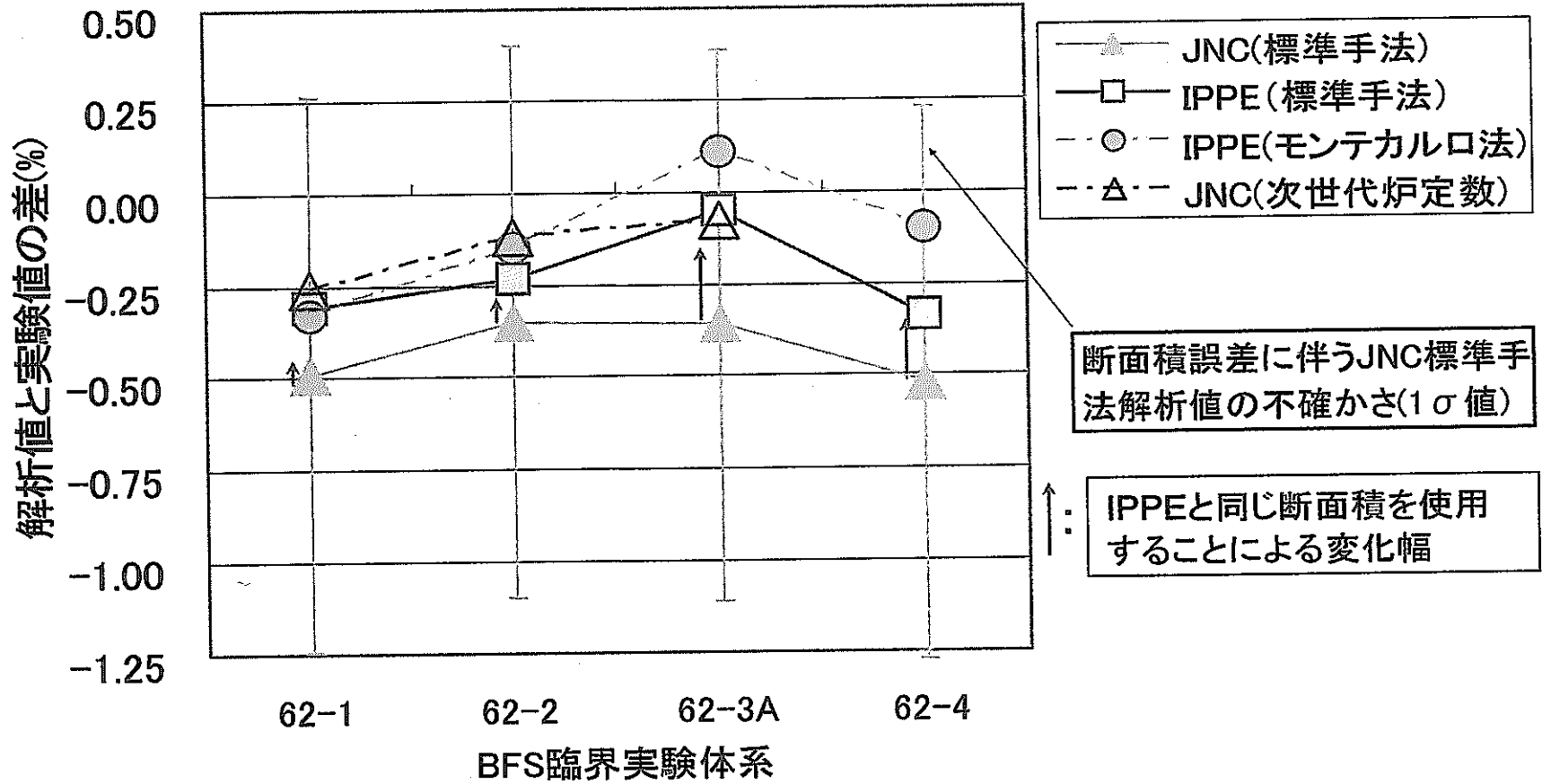


図7.1.1-1 臨界性に関する実験解析結果

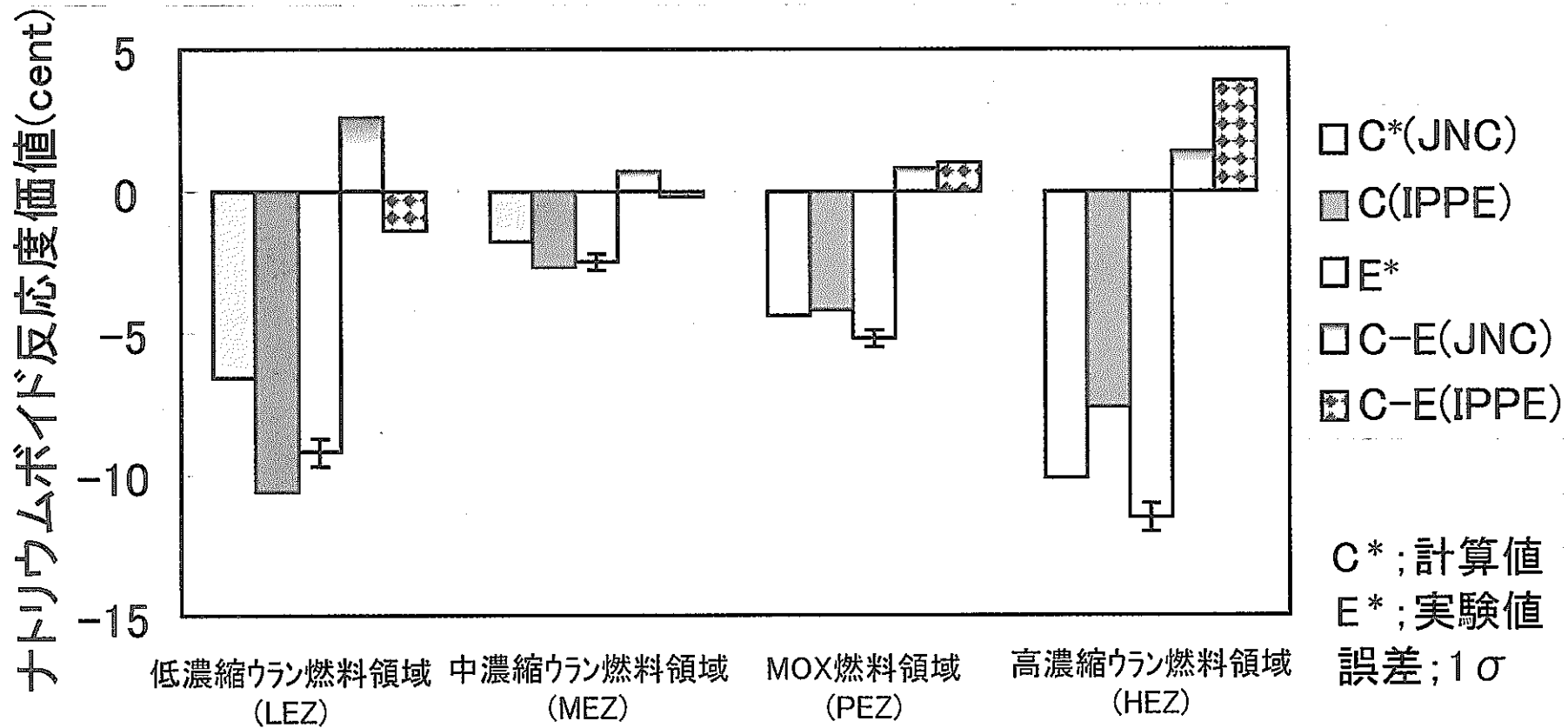


図7.1.1-2 燃料領域毎のナトリウムボイド反応度値解析結果の比較 (BFS-62-3A体系)

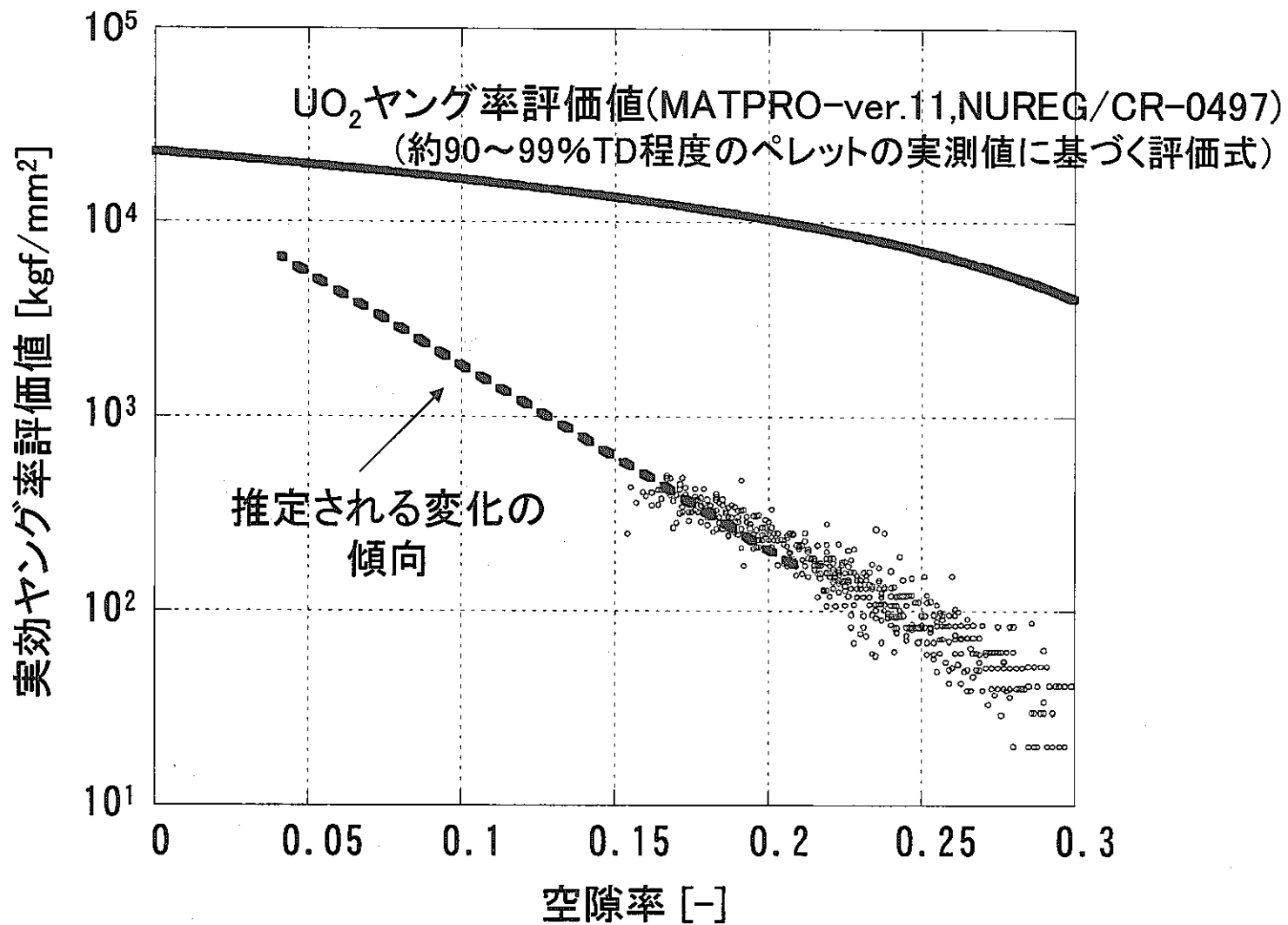


図7.1.2-1 UO₂顆粒充填体(3サイズ混合、不定形顆粒)の圧縮特性評価結果
(初期充填率約70~75%TD程度)

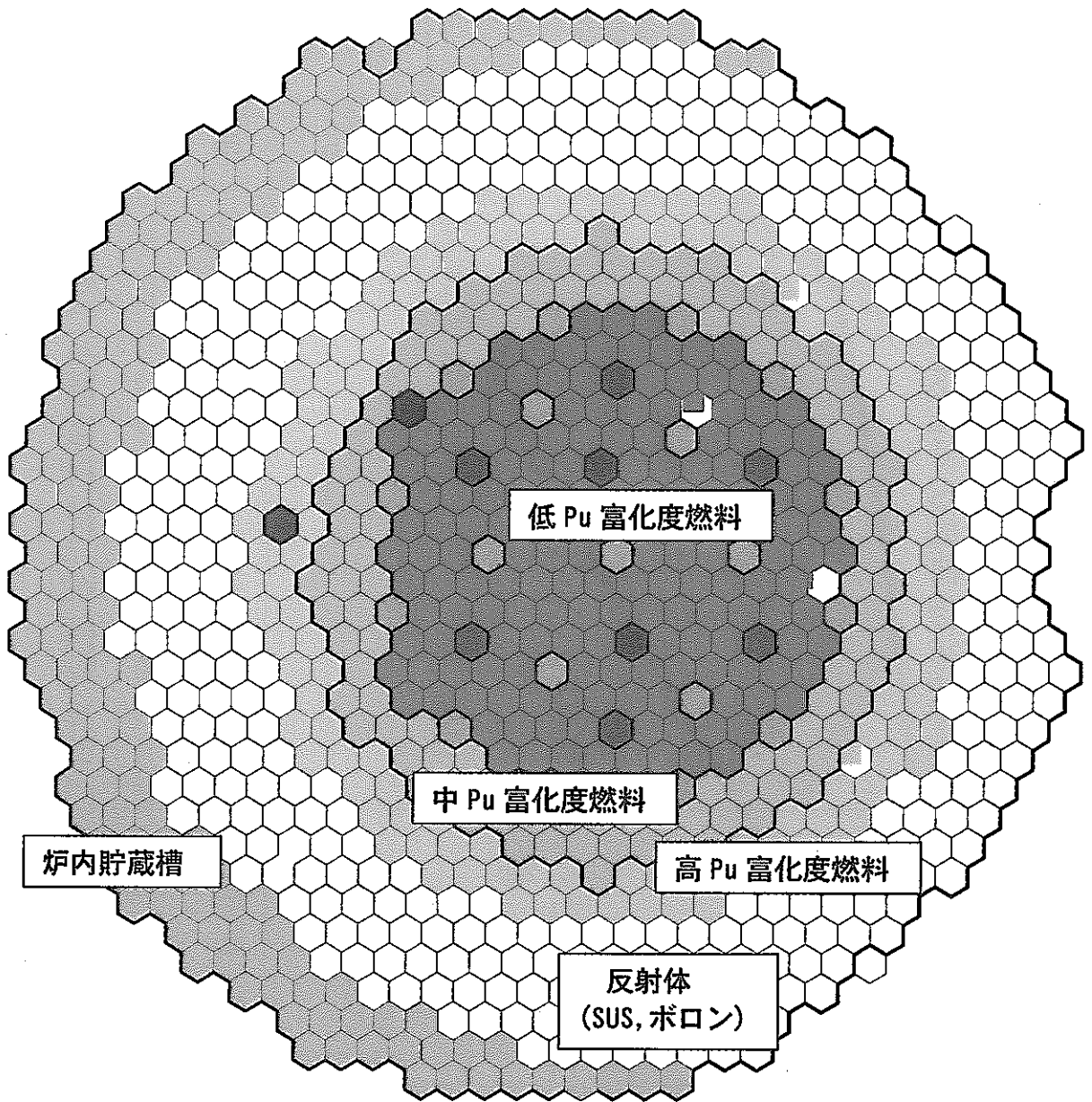
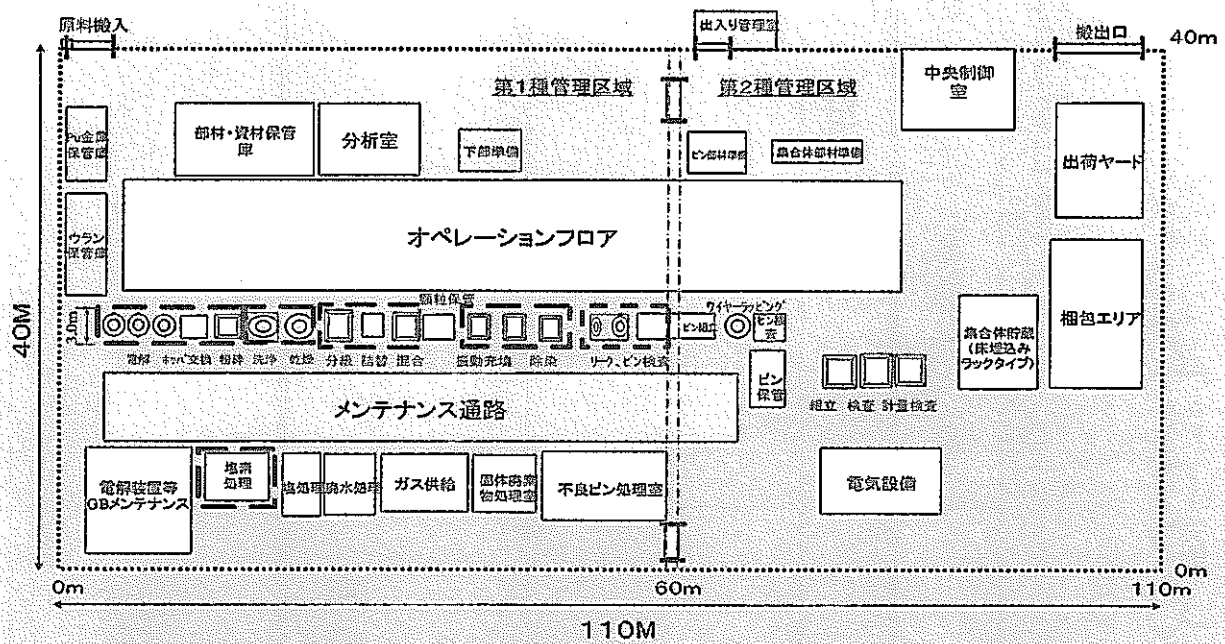


図 7.1.3-1 BN600 フル MOX 炉心



燃料加工建屋 1F機器配置図

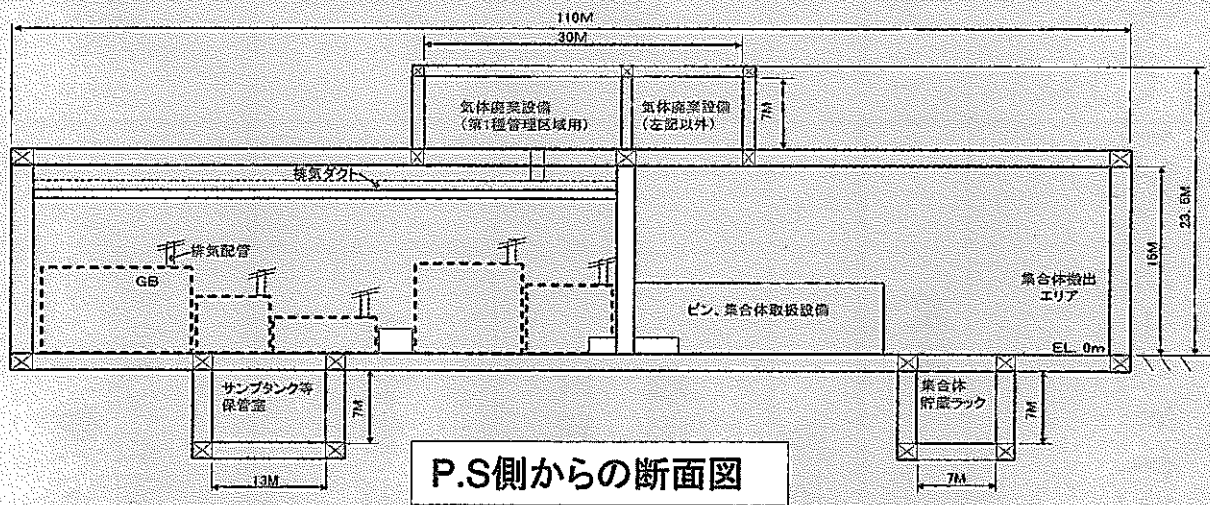
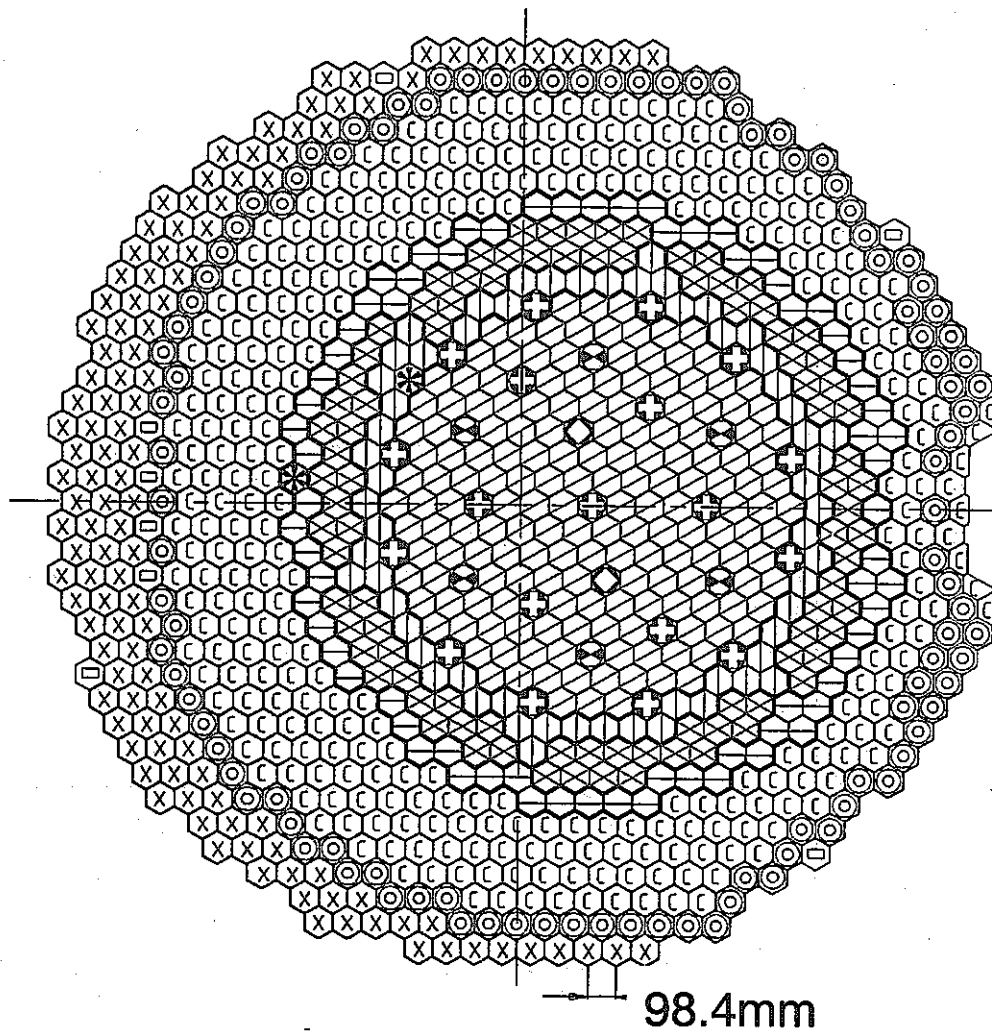


図7.1.3-2 燃料製造建屋概念図

表7.1.3-1 ペレット燃料とのコスト比較

(単位MUS\$)

項目		燃料	バイパック燃料	ペレット燃料 (米露評価)
燃料製造	設備容量		1.3トン/年	2.8トン/年
	転換設備		176	134.5
	燃料加工			463.1
	運転・維持費		331.7 (22.11M\$/y)	837.9
Pu 1Kg当たりの製造(処分)費			25.4 (kUS\$)	42.2 (kUS\$)



◇	低濃縮ウラン燃料集合体	172
◻	中濃縮ウラン燃料集合体	60
⊗	MOX燃料集合体	91
◻	高濃縮ウラン燃料集合体	71
◻	スチール遮蔽体	309
⊗	B ₄ C遮蔽体	104
⊗	スクラム棒	6
+	粗調整シム棒	19
◇	微調整棒	2

予備解析用炉心構成との類似性

- ・炉心熱出力: 1470MWth
- ・燃料集合体数: 394
- ・UO₂燃料濃縮度
低濃縮/中濃縮/高濃縮=17/21/26w/o
- ・MOX燃料Pu富化度: 20w/o
- ・実効運転サイクル長さ: 140EFPD
- ・燃料交換バッチ数: 4
- ・燃料炉内実効滞在日数: 560EFPD

図7.1.4-1 BN600ハイブリッド炉心構成

表7.1.4-1 予備解析による核特性

ナトリウムボイド反応度
(炉心+上部軸ブランケットボイド)

解析モデル	評価値 (% $\Delta k/kk'$)
ハイブリッド 燃焼初期	0.05
ハイブリッド 燃焼末期	0.17

低ナトリウムボイド反応度

制御反応度収支
(運転中の反応度制御性: 第1系統制御棒)

項目	評価値 (% $\Delta k/kk'$)
制御すべき反応度	
温度補償(230→365°C)	0.31
出力補償(0→100%出力)	0.71
燃焼補償	2.90
合計	3.92
制御棒反応度価値 (第1系統1ロッドスタック)	5.44
未臨界度	1.52

(注)ロシア規則:未臨界度に対し、
 ・1ロッドスタック時 : 負でない
 ・全数挿入時 : $\geq 1\% \Delta k/kk'$

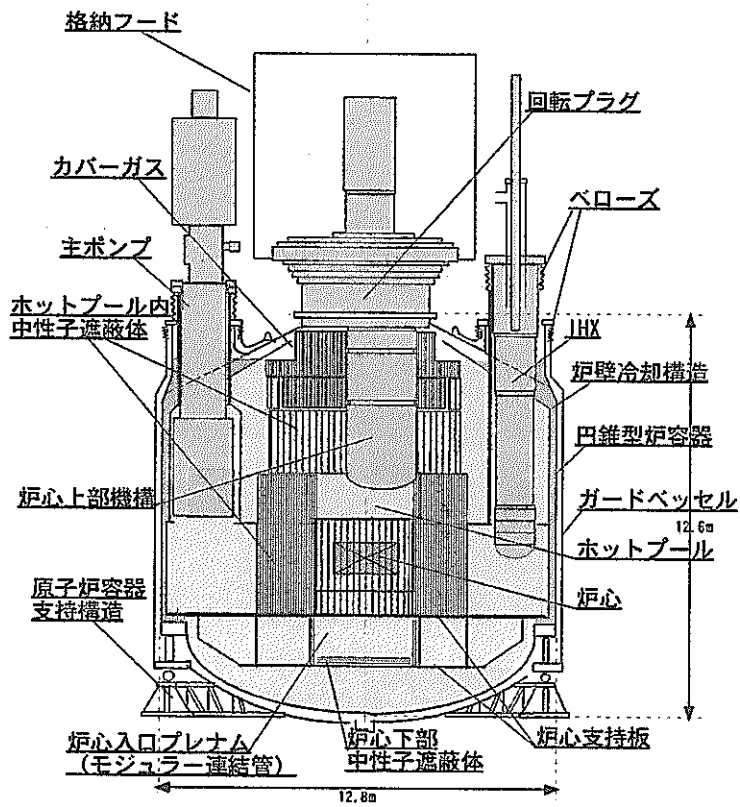


図 7.1.5-1a BN-600 プラントの原子炉構造

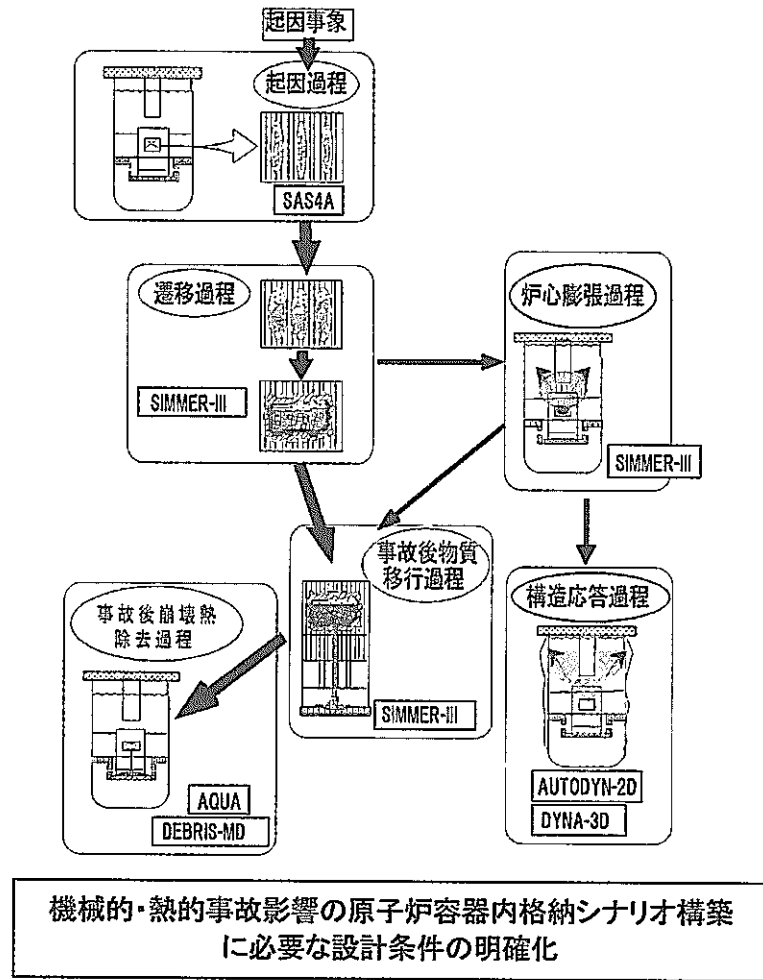


図 7.1.5-1b 炉心損傷事象(ULOF)推移の概要と評価手法

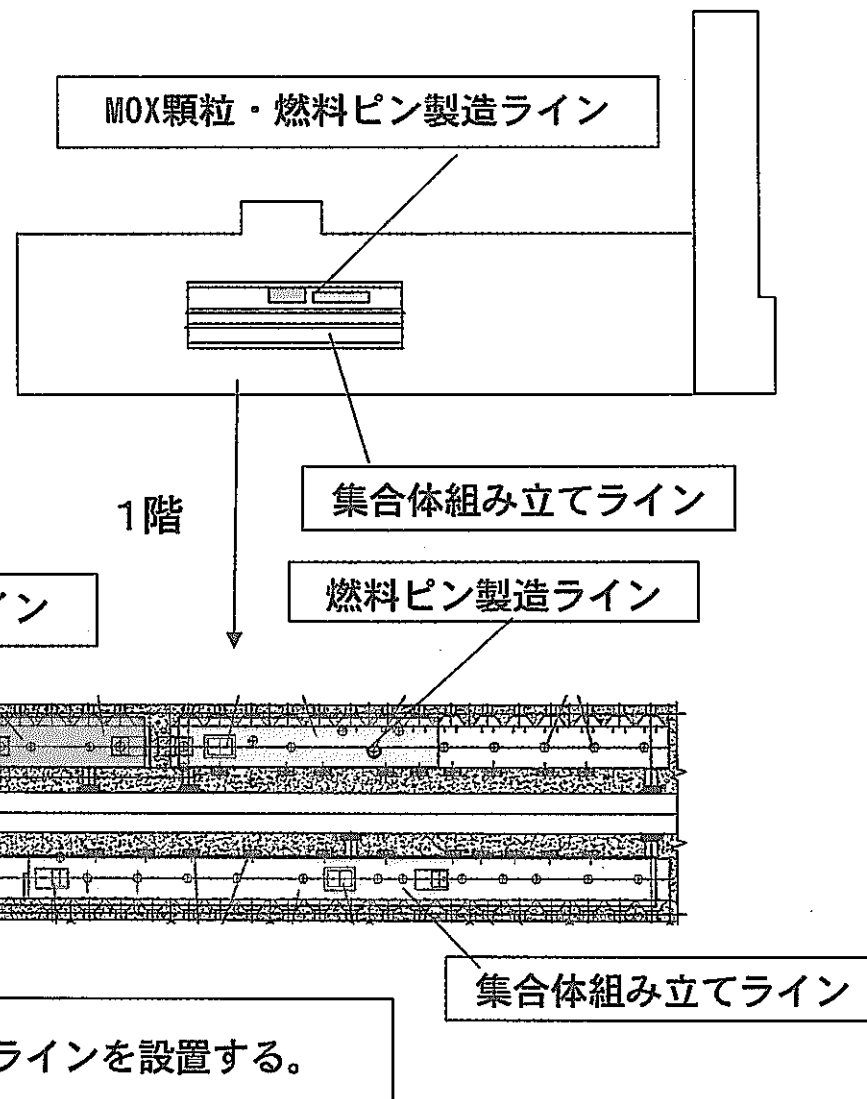


図 7.1.6-1 製造ラインの配置 (施設改造に関する情報)

バイパック燃料製造技術 (均一・高密度の燃料製造に関する国内 R&D 情報)

電解析出 UO_2 顆粒を用いて加振条件 (加速度、周波数等)、顆粒粒径分布、装荷方法等の検討を行い、平均充填密度 80%、軸方向密度分布偏差 $\pm 5\%$ 以内 (上下端除く) を達成。電解析出顆粒の充填について見通しを得た。

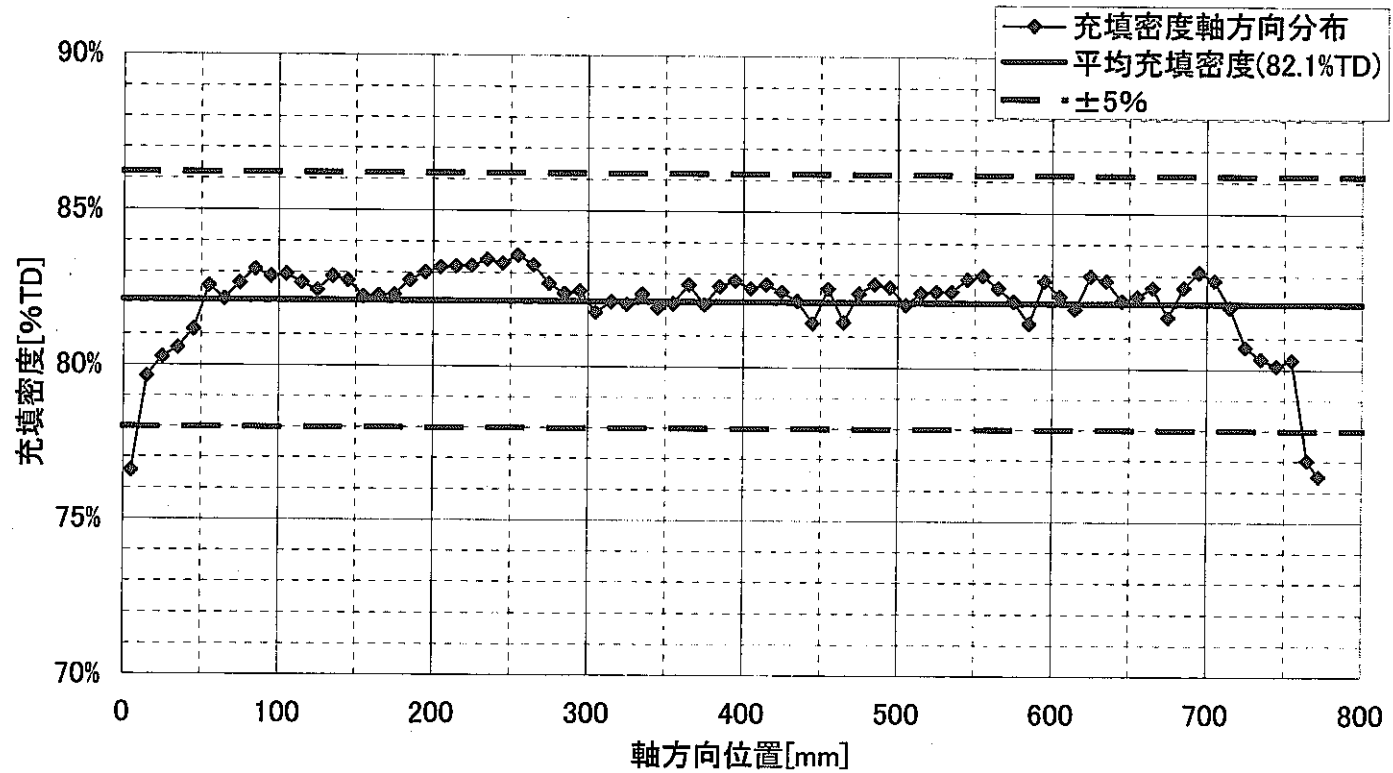


図 7.1.6-2 バイパック燃料の軸方向密度分布の結果 (電解析出 UO_2 顆粒 (不定形))

表 7.2-1 共同研究に関する海外での会合実績

年度	1999												2000											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
BFS-2 臨界実験				●									●							●	●			
3 体デモ照射				●					●					●		●				●				●
フル MOX コスト 評価																	●			●			●	
炉心・燃料設計														●						●			●	
安全解析							●							●					●			●	●	
RIAR 施設整備											●			●					●		●		●	
その他関連会合*			●●	●	●		●				●●		●	●	●				●		●●	●	●	

年度	2001												2002												契約終了期間
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
BFS-2 臨界実験			●				●					●						●					○	3.2003	
3 体デモ照射				●		●					●				●				●			○		3.2005	
フル MOX コスト 評価				●					●	●							●	●	●					9.2002	
炉心・燃料設計				●							●					●						○		3.2003	
安全解析							●							●	●						○			3.2004	
RIAR 施設整備				●		●		●		●	●	●		●		●	●			●				3.2005	
その他関連会合*	●●	●	●		●	●		●		●			●	●	●	●	●		●	●	●				

● : 会合実績 ○ : 会合予定 [] : 共同研究契約期間 * : G8 会合、国際フォーラム等を含む

表 8-1 解体プル処分に係る外部報告・公開文献リスト

	発表先	時期	件数	備考
発表・報告	国際核物質政策 フォーラム	1999.6~2002.7	4回	米国モニター社主催。解体プル、高濃縮ウランの処分をはじめ、核不拡散に関する幅広い分野を対象。米露の政府関係者、産業界、大学関係者を中心に仏独英加日等が参加。
	JNC 原子力利用国際 フォーラム	1999.2~2001.2	3回	保障措置、核不拡散、解体プル処分にに関するサイクル機構の活動を報告。日本の産官学関係者を中心に関係諸国の代表を招聘。
	国際炉物理専門家会議 (PHYSOR)	2002.10	2件	
	国際核データ専門家会議 (ND2001)	2001.10	1件	
	米国原子力学会	2001 年年会	1件	
	日本原子力学会	2000 年秋~2002 年秋	22件	2001 年春、2002 年春は特別セッションで総合報告を実施。
論文・公開文献	プレス	解体プル処分の国際的動向、ハイバックアップの一般状況についての報告。また、フェーズ 1 の契約締結、3 体デモ照射の照射完了、フル MOX コスト評価の完了等節目毎にプレスに掲載されている。		
	日本原子力学会誌	Vol. 44, No6 (2002)	1件	日本原子力学会発刊
	Plutonium	No. 35 (Autumn 2001) No. 38 (Summer 2002)	2件	(社)原子燃料政策研究会発刊
	S&T	2002.10	1件	(財)科学技術広報財団発刊
	サイクル技報 さいくる	No. 14 (2002.3) No. 12 (2002)	1件 1件	サイクル機構発刊

ロシア解体プルトニウム処分
への協力に係る技術開発

【用語の説明】

パイバック（振動充填）燃料（1頁）

粉体燃料（球状、非球状）を振動下で充填することにより燃料ピンに加工する方法。現行の機械混合法によるペレット燃料製造と比較してプロセスが簡略化でき、顆粒の取り扱いも容易なことから、遠隔技術による製造工程の実現が期待される。また自動化が容易と見られることから低被ばくの燃料製造法としての展開も考えられる。顆粒燃料の製造には、電析あるいは沈殿により製造した UO_2 、 PuO_2 を粉碎、分級する乾式法、硝酸プルトニウム及び硝酸ウラニルの混液を出発液として、試薬中に液滴を滴下してゲル化反応により造粒し、洗浄及び乾燥工程を経て仮焼・還元後、焼結する湿式法の二法がある。ロシアで開発された方法は乾式法である。

MOX 燃料（1頁）

混合酸化物（Mixed Oxide）燃料の略である。ウラン酸化物とプルトニウム酸化物を混合して作った燃料である。新型転換炉「ふげん」、高速実験炉「常陽」、高速増殖原型炉「もんじゅ」等で使用されている。軽水炉での使用（プルサーマル）も開始されようとしている。

高速炉（1頁）

原子炉内の核分裂を主に高速中性子によって起こるようにした原子炉。一般の原子炉（軽水炉）と異なり、水のように中性子を減速させる効果のあるものを冷却材として用いずに、ナトリウムなどを冷却材に用いている。

BN600（1頁）

ロシアの高速原型炉。ロシアのベロヤルスクにおいて、1970年に着工、1979年に初臨界、1980年に運転を開始した。電気出力は60万kW。BN-600では、これまで25回を超えるナトリウム漏洩を経験している。現在、順調に運転しており、最近の設備利用率は約80%である。BNは、BUISTRUI NEITRON, FAST NEUTRON, 高速中性子の意味。

臨界実験（1頁）

原子炉の設計段階で予備的なデータを取得するために、当該原子炉と同じ構造材料を用いて炉心部を模擬した体系を構成し、臨界性、中性子束分布、制御棒の反応度値などを測定する実験。

ブランケット（1頁）

核分裂性物質に変換する目的で原子炉内に置かれるU-238などの親物質の層。高速炉の場合、通常炉心を取り巻くように径方向と軸方向に配置される。特に、径方向については、U-238よりなる集合体（径方向ブランケット集合体）を炉心を取り巻くように配置する。

B_4C （1頁）

炭化ボロン。ボロンには、質量数10のB-10と11のB-11の同位体があり、特にB-10は中性子吸収効果が高く、原子炉では制御棒、中性子反射体（遮蔽体）等に用いられる。

反射体 (1 頁)

中性子が炉心から漏れ出すのを減らし、炉心の外にあっては炉容器などへの中性子照射による損傷を削減し、炉内にあっては中性子経済を向上させる目的で炉心の周りに配置する物質。

プラント寿命延長 (1 頁)

原子炉プラントの設計寿命は通常 30~40 年とされている。経済性向上の観点から使用実績を踏まえ、設計寿命の延長が考えられている (~60 年)。このため、安全性に影響しないことを確認しながら主要機器の耐用年数の見直しが行われ、必要に応じ大型機器 (蒸気発生器等) を含んだ機器の取替えにより、プラント寿命の延長が図られる。

解体プル処分 (1 頁)

核兵器の解体にともなって発生する兵器級プルトニウムを不可逆的な方法で核兵器として使用が不可能な形態にすること。現在、原子炉で燃焼(照射)する方法と高レベル廃棄物とともに地層処分に適するよう固化する方法が考えられている。原子炉を利用した処分として、高速炉 BN-600 による処分は、解体プルトニウムと劣化ウランの混合酸化物(MOX, mixed oxide)燃料を燃焼させ、兵器としての使用に適さない、また、アクセスできない高放射線量の使用済み燃料とすること。

戦略攻撃兵器削減条約 (2 頁)

米国と旧ソ連/露との間で、1991 年に署名された戦略兵器削減条約 (START 1) では、それぞれの戦略核弾頭数を 7 年間で 6000 に削減することを規定し、1993 年に署名された条約 (START 2) では、2003 年までに 3000-3500 まで、削減することを規定している (米国は未批准)。また、1997 年の両国首脳会談の合意では、START 2 の実施期限を 2007 年 12 月に延長するとともに、来るべき START 3 交渉においては、2000-2500 まで削減することを目標とした。

兵器級プルトニウム (2 頁)

一般に核分裂性 Pu-239 を高純度を含むプルトニウムで、特殊なプルトニウム生産用原子炉の運転により U-238 から造られる。これに対して、商業原子炉の使用済み燃料の再処理からのプルトニウムは Pu-240、Pu-241 など高次のプルトニウム同位体を多く含み (特に Pu-240 の自発核分裂による中性子が)、核兵器には適しないとされる。

固定化 (2 頁)

核弾頭から解体された金属プルトニウムを転換し、酸化プルトニウム粉末とした後、ウラン、ハフニウム、ガドリニウムの酸化物を混ぜ、焼結体 (パック状) としたものを鉄製の容器に入れ、高レベル放射性廃棄物とともにキャニスタに貯蔵し地層処分する。プルトニウムを燃焼することに反対であった米国によって推進されていたが、2002 年 1 月、米国プル処分も MOX 燃焼の形に一本化された。

RIAR(Research Institute of Atomic Reactors) (2 頁)

モスクワの東南東約 1,000km のウリヤノフスク (レーニンの生誕地) の約 100km 東のディミトログラードに位置している。1956 年設立。高中性子束 SM-2、材料 MIR など 5 基の試験炉の他、高速炉 BOR-60、沸騰水型軽水炉 VK-50、有機冷却炉を有しており、ソ連における原子炉開発の先駆的役割を果たした。FBR の燃料サイクル関係では、パイバック方式によるウラン-プルトニウム混合酸化物 (MOX) 燃料製造および乾式再処理技術の研究開発を行っており、燃料照射後試験用大型ホットラボは世界的にも高い技術レベルの施設である。職員数は約 6,000 人。

CANDU オプション (2 頁)

カナダ型重水炉 (CANDU 炉) Canadian Deuterium Uranium Reactor, カナダで開発された天然ウランを燃料とする重水を中性子の減速材とする原子炉を使用する解体プルトニウムの処分方法。

新型転換炉 (ATR) (2 頁)

プルトニウム富化天然ウラン (MOX) 燃料を用いる重水減速軽水冷却沸騰水型原子炉。

先行照射試験 (3 頁)

新しい形態の燃料や被覆管の利用あるいは高燃焼度化等の運転条件の変更に關し、実用化に先立って、それらの照射中の健全性を確認するために実用時と同様の照射条件下で行う、燃料ピン数本あるいは燃料集合体数体程度の小規模の照射試験のこと。

高速炉リサイクルシステム (4 頁)

高速炉とその関連する核燃料サイクルのことを言う。高速炉リサイクルにおいては、原子炉の中でできたプルトニウムは一度原子炉の外に取り出され、不要の核分裂生成物などを分離した後、新しい燃料に加工される。燃料として天然ウランとプルトニウムの混合酸化物燃料を用いるので、ウラン濃縮過程を必要としない。しかも、ウラン濃縮過程から発生する劣化ウランを天然ウランに代えて用いることができる。高速炉での燃焼によって生成されたプルトニウムを回収して利用することが前提とされるので、リサイクル型である。

IPPE (4 頁)

モスクワの南西約 100km のオブニンスクにある。1946 年 5 月 31 日設立。原子力発電、特に液体金属冷却炉の開発が中心で、ソ連の高速炉研究開発の指導的立場にある。核物理、炉物理、熱物理、水力学、構造材料腐食、液体金属冷却技術、放射化学等の研究部門を持ち、ナトリウム冷却高速炉の他、鉛ピスマス冷却炉、小型高温アルカリ金属冷却炉の開発も行っている。約 4,000 人の研究員を擁し、主な施設として、世界最初の原子力発電所 (RBMK、6,000keWe)、高速炉 BR-10、臨界実験 BFS-1、BFS-2、KOBRA、熱物理実験室、宇宙用原子炉トパーズ試験施設、加速器研究室、核ポンプレーザー装置 (BARS-6) など。

ナトリウムボイド反応度 (4 頁)

ナトリウム冷却炉において、ナトリウム中に気泡(ボイド)が生じることによる反応度変化。炉外への中性子漏洩の増加による負の成分と、中性子エネルギーの減速抑制に伴って核分裂発生中性子数が増えること等による正の成分とのバランスで決定される。大型高速炉では通常、すべての燃料領域のナトリウムがボイド化した場合に生じる反応度は、ウラン燃料炉心の場合負だが、プルトニウム燃料炉心の場合は正となる。ロシアの安全審査ではこの値が正にならないことを要求しているため、ウラン燃料炉心の一部をプルトニウム燃料で置換するハイブリッド炉心の設計において確認すべき重要な項目の一つになっている。

ZPPR (5 頁)

米国アルゴンヌ研究所(ANL)にある高速炉用大型臨界実験集合体であり、Zero Power Plutonium Reactor の略。炉心形状は水平二分割型で、板状の燃料・材料物質を並べて炉心の物質組成を模擬する。1978年から約10年間、旧動燃事業団と米国エネルギー省(DOE)の間でJUPITER計画という呼称の共同研究を行い、大型(60~100万kWe級)高速増殖炉の核設計法の評価に必要な情報を得るための臨界実験を実施した。

高速炉核設計データベース (5 頁)

サイクル機構が高速炉の核特性解析システムの開発に使用してきた実験データ、解析コード、実験解析結果等を計算機上に集積したデータベース。核データの改訂、解析コードの改修、新たな実験データの追加等による影響評価や、炉定数調整法による任意の組み合わせの実験情報の反映等が迅速かつ的確に行えるよう考慮されている。

バイパック燃料技術 (5 頁)

燃料顆粒製造技術、燃料顆粒の被覆管内への充填技術、バイパック燃料炉心の運転技術、照射中のバイパック燃料健全性評価技術等の、バイパック燃料に関わる技術全般を意味する。

高速炉サイクルの実用化戦略調査研究(FS) (5 頁)

サイクル機構が電気事業者と共同で、大学、その他の関連機関の協力を得て進めている高速増殖炉とその関連する核燃料サイクルの実用化のための調査研究。1999-2000年度で有望な実用化候補概念を抽出し、2005年度頃までに実用化候補概念の絞込みを行うこととしている。

at% (5 頁)

アトミックパーセント。燃焼度の単位。原子炉で核分裂した核燃料の最初の原子数に対する割合。

照射後試験 (5 頁)

核燃料や原子炉材料の原子炉内での中性子照射による変化を各種試験で確認すること。目視検査、寸法測定、ガンマスキャンニング、X線検査などの非破壊検査と

ガス分析、金組試験、燃焼率測定、材料強度試験などの破壊試験に大別できる。放射能が強いため、コンクリート等の生体遮蔽を施した試験施設が必要である。

熱特性試験（5頁）

照射中の燃料内温度評価に不可欠な顆粒充填体の熱伝導度を評価する試験で、温度勾配を与えた模擬燃料顆粒（ UO_2 ）充填体内の温度分布を熱電対で計測し、解析的に熱伝導度を評価する。

焼結特性試験（5頁）

照射中の組織変化度合いの評価に不可欠な顆粒充填体内の焼結しきい条件を評価する試験で、温度を試験パラメータに採り、模擬燃料顆粒（ UO_2 ）充填体内の焼結の程度を観察することにより、焼結しきい条件（焼結温度）を評価する。

FCMI 特性試験（5頁）

照射中の燃料顆粒－被覆管間機械的相互作用（Fuel-Cladding Mechanical Interaction、FCMI と称する）下の応力評価に不可欠な顆粒充填体の多軸圧縮下での圧縮特性を評価する試験で、中空円筒型の容器に模擬燃料顆粒（ UO_2 ）を充填し、内筒部を外側に抜げることで充填体に多軸の圧縮力を負荷、その際の応力－歪の応答性を計測し、有限要素法を用いた解析により圧縮特性を評価する。

設計指針（6頁）

設計を行う上で、対象範囲、目的、性能面での技術的要求、健全性・信頼性・安全性に関する要求、作業の流れ、運転条件、関連機関における作業の役割分担と責任所在等を文書にして定めたもの。BN600 ハイブリッド炉心の設計作業は、炉心設計、燃料集合体設計、燃料ピン設計の各々について設計指針が定められており、それらの指針に基づき作業が進められる。

異常な過渡（6頁）

「運転時の異常な過渡」を略称したもので、原子炉施設の寿命期間中に予想される機器の単一の故障若しくは誤動作又は運転員の単一の誤操作、及びこれらと類似的頻度で発生すると予想される外乱によって生ずる異常な状態をいう。なお、「単一故障」とは、単一の原因によって一つの機器が所定の安全機能失うことをいい、従属要因に基づく多重故障を含む。

事故（6頁）

「事故」とは、「運転時の異常な過渡」を超える異常な状態であって、発生する頻度はまれであるが、原子炉施設の安全設計の観点から想定されるものをいう。

設計基準外事故（6頁）

その発生頻度は設計基準事故よりも低い、仮に発生した場合の事故の影響が設計基準事故を超えるものをいう。なお、設計基準事故とはDBA (Design Basis Accident) と略称されることもあり、原子炉の敷地評価のために、起こると考えられる事故のうちで最大の災害を与えると考えられる事故をいう。

塩素化溶解 (7 頁)

解体プルトニウム及び二酸化ウラン粉末を熔融塩 (NaCl-CsCl 等) 中で塩素ガスを吹き込むことにより、塩化物及びまたは酸化物に転換し、塩中に溶解すること。

電解析出 (7 頁)

ウラン、プルトニウムがイオンとして存在する熔融塩中に電気を流すための陽極・陰極を配置し、陰極にウラン及びプルトニウムを析出させること。熔融塩中のイオンが二酸化ウランイオン、二酸化プルトニウムイオンであれば酸化物もしくは混合酸化物 (UO_2+PuO_2 等) として陰極に析出する。

国際炉物理専門家会議 (PHYSOR2002) (9 頁)

米国原子力学会が炉物理を主テーマとして2年ごとに開催する国際会議。3回に1回は米国以外の国で行われ、1996年には水戸で開催された。2002年は、韓国原子力学会との共催でソウルで開催され、29カ国から312編の論文が報告された。

ゼロボイド炉心 (9 頁)

ナトリウムボイド反応度がゼロ近傍の値になるような炉心の通称。BN600 ハイブリッド炉心では、ナトリウムボイド反応度が正にならないようにプルトニウム (MOX) 燃料の本数を制限した。

基本炉定数 (9 頁)

核データライブラリに基づき、炉心計算で使用するエネルギー群数にまとめた断面積データの総称。サイクル機構の高速炉解析では、核データライブラリとして JENDL-3.2 を用い、高速原型炉「もんじゅ」炉心の中性子スペクトルを用いて70群エネルギー構造のデータにまとめた JFS-3-J3.2R を基本炉定数としている。

共分散 (9 頁)

核データの誤差を表すデータ。核特性解析値の不確定さの推定や統合炉定数の調整に使用される。

炉定数調整 (9 頁)

臨界実験で得られる各種核特性の測定値と解析値の相違、実験誤差、解析誤差、炉定数の誤差 (共分散) 等を考慮し、ベイズの定理 (条件付き確率推定法) に基づき、想定される誤差の範囲内で最も確からしい解析結果を与えるように炉定数及び共分散を調整すること。

統合炉定数 ADJ2000R (9 頁)

核特性解析精度を向上させるために、核特性の実測値を基に炉定数をその誤差の範囲で調整して得られる炉定数。炉定数 (微分データ) に核特性実験値 (積分データ) を統合することから「統合炉定数」と呼んでいる。高速炉用炉定数 JFS-3-J3.2R を基本炉定数とし、各種臨界実験解析データを処理して作成された統合炉定数の最新版。

FCA (9 頁)

日本原子力研究所東海研究所にある高速炉用臨界実験集合体であり、Fast Critical Assembly の略。炉心・燃料・材料の概念は ZPPR と同様だが、ずっと小規模であり、高速実験炉「常陽」MK-II 炉心 (10 万 KWth) を模擬した臨界実験が行われた。

MASURCA (9 頁)

仏国 CEA カダラッシュ研究所にある高速炉臨界実験施設である。炉心は断面が四角形の集合体を垂直に林立させて構成し、集合体内部に燃料・材料の組成を模擬したプレートが配置される。旧動燃時代から継続している CEA との共同研究において、高プルトニウム富化度燃料炉心や高次プルトニウム置換反応度実験のデータを入手し、解析を行ってきた。

ドップラー反応度 (10 頁)

原子炉内の物質の温度変化によって生じる反応度変化の一種。核燃料物質の温度が上昇すると、共鳴吸収エネルギーの幅が広がり、中性子吸収量が増加するため、通常負の反応度変化となる。

炉外試験 (11 頁)

照射中の燃料や被覆管等の特性を評価するために、原子炉外に照射中の状態を模擬的に作り出して行う試験。

ペレット燃料 (12 頁)

ペレット (Pellet) は一般には、球状または円柱状の物体を指す。FBR では MOX 粉末を成型し焼結してセラミックス質にした円柱状の燃料ペレットをいう。ペレットを積み重ねて燃料被覆管に挿入し燃料棒 (ピン) とする。

集合体浮上り (13 頁)

一般に、炉心を冷却する流体は炉心の下から流れるが、炉心上下の高低差や集合体内部と作動流体との摩擦等により、炉心下部から上部に向かうに従い作動流体の圧力は下がる。主にこの圧力差や摩擦力により発生する集合体の浮力などによって、集合体が上方に浮き上がろうとする現象をいう。

ワイヤスペーサ (13 頁)

燃料集合体内の燃料ピン間空隙などの冷却材流路を適切に保てるように、集合体を構成する燃料ピンに対してらせん状に巻き付けられる金属製ワイヤ。高速炉ではステンレスが広く用いられる。炉心設計にもよるが、ワイヤの直径は 1mm 程度、巻き付け間隔は 200mm 程度とするのが一般的である。

FP ガス放出 (13 頁)

燃料中に存在する 1 個の核種 (^{239}Pu 等) が核分裂すると 2 個の核分裂生成物 (FP) を生ずるが、そのうち Xe や Kr 等のガス状の FP が燃料の外に放出される割合のことをいう。一般に、二酸化ウラン (UO_2) やウラン-プルトニウム混合酸化物 ($\text{PuO}_2\text{-UO}_2$) 等の酸化物燃料を高速炉で使用する場合は、燃料の燃焼が進むにつれて FP ガス放

出率は増大し、ある程度まで燃焼が進むとそれ以降はほぼ 100%となる傾向を示す。

スエリング (13 頁)

スエリングには材料のスエリングと燃料のスエリングがある。材料のスエリングとは、材料を高速中性子場におくと、材料中の原子が高速中性子によってはじき出され、その原子が次の複数の原子をはじき出すことを繰り返す結果、はじき出された原子が新たな位置に落ち着くとともに、元の位置に生じた空孔が集まってボイドを形成し、全体として材料の体積増加が生じる現象をいう。燃料のスエリングとは、燃料中における核分裂の結果生じる核分裂生成物 (FP) の原子数が増加するとともに、その体積が元の核分裂性核種のそれよりも大きいため、全体として体積の増加が生じる現象をいう。特に FP のうち、希ガスは体積増加に与える影響が大きい。通常、体積増加率で示す。

照射クリープ (13 頁)

材料に力 (応力) が負荷され中性子による照射を受けた場合、時間の経過と共に徐々に変形が進行する現象をいう。

燃料カラム (14 頁)

燃料ピンにおいて、燃料の存在する領域の下端から上端までの部分を指す。

スミア密度 (14 頁)

被覆管内側空間に対してどの程度燃料が充填されているかを表す指標がスミア密度で、理論密度 (TD: Theoretical Density) に対する百分率で表わされることが多い。ペレット状の燃料については、燃料ペレットを被覆管内側全体にならしたときの燃料のならし密度のことを指す。BN600 ハイブリッド炉心の設計で検討されている顆粒状のバイパック燃料については、燃料顆粒の被覆管内側における充填率と燃料顆粒自身の密度との積でスミア密度が定義されている。

BOR60 (14 頁)

ナトリウムを冷却材、二酸化ウラン (UO_2) を燃料とするロシアのループ型高速実験炉で、ディミトロヴグラードのロシア原子炉科学研究所 (RIAR) に所在する。実用炉のための高性能の燃料開発を目指した基礎データ採取を目的として旧ソ連時代に建設され、1969 年に初臨界を達成した。当初は熱出力 60MW、電気出力 12MW で運転されていたが、その後電気出力を 10MW とし、燃料にウラン-プルトニウム混合酸化物 (PuO_2-UO_2) を用いて現在に至るまで稼動を続けている。

炉心損傷事故 (CDA) (15 頁)

CDA は Core disruptive accident の略である。この事故は、原子炉運転時に異常が発生した場合を想定し、何らかの原因で、制御棒による原子炉停止系が失敗して炉心が溶融損傷に至る事故、又は炉停止後の原子炉崩壊熱を除去するための崩壊熱除去系等が故障し、炉心が溶融損傷に至る事故である。ULOF は制御棒炉停止系のスクラム失敗により炉心損傷事故 (CDA) に至る一つの代表的事故である。

炉心流量減少型スクラム失敗事故(ULOF) (15 頁)

ULOF は Unprotected loss of flow の略である。この事故は、何らかの原因により炉心の冷却材流量が減少し、原子炉保護系により炉停止のためのスクラム信号が発せられにも拘わらず、制御棒の挿入に失敗した場合を仮定した事故である。設計基準を超える事象に位置づけられる。

起因過程 (15 頁)

任意の事故に対して、その事故発生の原因となる事象をその事故の起因事象と呼ぶ。例えば、炉心損傷事故は炉心が損傷状態に至る事故であり、事故分類の大きなカテゴリーに相当する。炉心損傷事故に至る起因事象には幾つかのものが考えられ、起因事象に依存して事故結果の厳しさは異なってくる。

事故後損傷炉心冷却 (15 頁)

炉心損傷事故全過程の最終段階では、炉心は恒久的未臨界状態に至り、核分裂によるエネルギー発生は停止する。しかし、炉心損傷事故で炉心及び原子炉容器内の空間に飛散・移動した燃料は、時間と共に強度が減少する放射能による崩壊熱を発生する。炉心損傷事故の評価では、損傷した炉心を含む体系からこの崩壊熱を外部へ除熱でき、燃料が再度溶融して移動することが無いことを確認するための「事故後損傷炉心冷却」の解析が行われる。

熱・機械的な事故影響 (15 頁)

炉心損傷事故では、炉心の核的出力逸走により発生する熱エネルギー、及び、その熱エネルギーの変換により発生する機械的エネルギーが炉心・冷却材を格納する原子炉容器系に対して熱的及び機械的に作用する。これを「熱・機械的な事故影響」と呼ぶ。損傷した炉心からの散逸する放射能が外部環境へ出るのを防ぐためには、外部環境から放射能を含む炉心を隔離している原子炉容器系及び原子炉格納施設が、事故による熱的及び機械的な影響に対して健全性を維持出来る必要がある。

SAS4A (15 頁)

米国アルゴンヌ国立研究所(ANL)が 1970 年代から開発してきた液体ナトリウム冷却高速炉炉心の安全解析のための計算コード SAS(Safety Analysis System)シリーズの最終コードが SAS4A と呼ばれる。SAS4A コードは炉心燃料集合体を多数の平均的な集合体でモデル化し、事故発生による冷却材の沸騰、燃料被覆管の溶融・移動、燃料ミートの溶融と崩壊、崩壊燃料の飛散、溶融燃料と冷却材ナトリウムの熱的相互作用、集合体ラッパー管の溶融、及びこれらの現象に伴う炉心の反応度変化に起因する炉出力の変化等、炉内・外試験で確認されているほとんど全ての現象を計算するモデルを有している。米露協定により、SAS4A 最新版は DOE からロシアにも配布され、ロシアは自国の計算コードの他に SAS4A を BN-600 の安全解析に使用している。

クリープ特性 (15 頁)

応力荷重の下で固体の塑性変形が時間とともにしだいに増加する現象を「クリー

プ」といい、そのような材料特性の、温度・荷重条件等への依存性をクリープ特性という。

グローブボックス (16 頁)

放射性物質による室内全体の汚染を防止するため放射性物質を密封した状態で行うための箱。通常ボックス内部は室圧に対して陰圧にしてある。作業はグローブを介して箱の外側から行う。

セル (16 頁)

高放射性物質を保管もしくは取り扱うための厚く遮蔽された小区域 (部屋)。作業は通常マニピレーターにより行う。

多重障壁による閉じ込め (16 頁)

放射性物質を複数の隔壁により閉じ込め、放出を防ぐもの。放射性物質を閉じ込めたエリアをもっとも大きな負圧にして放出を防いでいる。

塩素ガスの反応率 (16 頁)

熔融中に塩素化溶解をする際に投入した塩素ガスに対する溶解に寄与した塩素ガスの比率。(反応例 $UO_2 + Cl_2 \rightarrow UO_2Cl_2$)

ルツボ (17 頁)

熔融塩を溶かすために用いる容器。高温・腐食環境下での使用に適した材料 (パイログラファイト) 製である。

乾式再処理 (17 頁)

解体プルトニウム及び二酸化ウラン粉末を熔融塩 ($LiCl - CsCl$ 等) 中で塩素ガスを吹き込みながら溶解 (塩素化溶解) し、酸化・還元電位の差を利用して混合酸化物 ($UO_2 + PuO_2$) として共析出する乾式再処理技術。ロシアの原子炉科学研究所 (RIAR) が開発を進めている。

MPC&A (図 4.1-1)

Material Protection, Control and Accounting の略。解体プルトニウムが MOX 燃料製造以外の用途に転用されないことを担保し、確実な燃焼処分を実施するために行う以下の手続きとこれに必要なシステムの構築をいう。

1. 解体プルトニウムの窃取、紛失等を防ぐための物理的防護手段を講じること。
2. 解体プルトニウムの存在と数量をチェックするための帳簿 (アカウントイングシート) の整備とこれを検査するシステムを構築し、検査を行うこと。

ペリオド法 (表 4.2.1-2)

原子炉の臨界状態から制御棒の引き抜き等によって臨界を越えた状態にすると、中性子束が増加する。その増加速度より、炉心の超過反応度 (臨界をどれだけ越えているかを示す量) を評価する測定法のこと。ペリオドとは中性子束が e 倍 (約 2.7 倍) になるのに要する時間。

スペクトルインデックス (表 4.2.1-2)

中性子スペクトルの性質を示す指標の意味。通常、異なる核反応率の比で表され

る。中性子エネルギーに対する感度は核反応毎に異なるので、適切な組み合わせの核反応率の比を評価することにより、中性子スペクトルの評価精度を考察できる。

Key (表 4.2.1-2)

BFS-62 炉心では、炉中心領域と中心角約 120° の扇形部を合わせたカギ型の領域を「KEY 領域」と呼んでいる。この領域には、水素を含有していないナトリウムを装荷するとともに、燃料部の外側の UO_2 ブランケットをステンレス鋼反射体で置換し、径方向の反応率分布及び広領域ナトリウムボイド反応度の測定が行われた。

ホットプレッシング特性 (表 4.2.2-2)

照射中、燃料は高温加圧状態下にあるため、ホットプレス（加圧焼結）現象による緻密化が生じると考えられている。顆粒充填体のホットプレスによる緻密化の特性を意味する。

レベル 1PSA (表 4.2.5-1)

PSA とは確率論的安全評価 (Probabilistic Safety Assessment) の略称である。原子炉の PSA は 3 つのレベルから構成され、レベル 1 は炉心損傷に至る確率を求めるもの、レベル 2 はレベル 1 PSA を基に炉心損傷時に原子炉施設外へ放出される放射能の量と確率を求めるもの、レベル 3 はレベル 2 PSA を基に施設外へ放出された放射能による環境影響の大きさを確率とともに求めるものである。決定論的安全評価を補完する形で、原子炉施設の安全性を包括的に評価する手法として注目されている。レベル 1 P S A では、評価対象システムに対するイベントツリー、フォールトツリー、及びシステムを構成する機器の故障率データ等に基づいて、起因事象が炉心損傷事故に拡大する確率が評価される。

OKBM (図 5-1)

モスクワの東約 370km に位置するニジニ・ノブゴロド (旧ゴーリキー) 市にあるロシア原子力省 (MINATOM) 傘下の原子力施設の設計研究所。BN-600 の炉心の設計や原子力潜水艦、ウラン濃縮機器、プルトニウム生産炉の設計を行った。

本資料は、課題評価委員会での
評価意見などにより改訂した
ものである。

中間評価課題：「ロシア解体プルトニウム処分への協力
に係る技術開発」

課題評価委員会からの質問に対する回答

(補足説明資料)

平成15年2月
(平成15年6月改訂)

核燃料サイクル開発機構

1. 研究開発の目的・意義(特になし)
2. 研究開発目標(特になし)
3. 研究開発計画

Q3 - 1

・先行照射試験が不要になった理由は何か、簡素に説明いただけますでしょうか。また、それにもかかわらず許認可のための照射実績が必要とされるのは矛盾しているのではないのでしょうか。

【A3 - 1】

事前評価時には、新しく整備するバイパック燃料製造施設で製造される燃料の性能確認のため、実際に数体のバイパック燃料を製造・照射し、施設の機能を確認する先行照射試験を考えておりました。しかしながら、ロシア専門家との協議の結果、整備には従来の製造技術が適用され、新規技術の開発はないことから、施設の機能確認という観点からの試験は不要であることがわかりました。このため当初考えていた先行照射試験は、不要となりました。

許認可のための照射実績については、ロシア専門家との協議の結果、ロシア側は、バイパック燃料をドライバー燃料の一部として使用するためにはペレット MOX 燃料の実績と同じ 30 体の照射実績がバイパック燃料でも必要であるという統一見解を持っていることが判明しました。このため、すでに 3 体デモ照射を含めて 9 体の実績があったので、21 体の照射が必要となります。これはロシア側の許認可上の要請であり、日本側が否定できるものではありません。(ただし、この処分による実績の蓄積は、バイパック燃料の照射挙動、健全性確認という観点からの研究開発としては必要性が少ないため、JNC の予算で実施することは適切とは考えられず、非核化支援の枠組みのなかで実施することが検討されています。)

したがって当初考えていた先行照射試験が不要になったことと、許認可のための照射実績の蓄積が必要とされることは、矛盾しないと考えています。

Q3 - 2

「21 体デモ処分については、研究開発要素が少ないため研究課題としない」としてありますが、研究課題としない理由を、もう少し詳しく説明してください。(ロシアは許認可のために必要と主張)

【A3 - 2】

21 体デモ処分については、主たる目的がドライバー燃料の実績の蓄積であり、バイパック燃料の照射挙動、健全性確認という観点からは、3 体デモ照射で必要なデータは得られていると考えます。たとえば、目標燃焼度は、3 体デモ照射を超えることはありませんし、照射後試験の程度も 3 体デモ照射の方が詳しく行うことになっており、21 体デモ処分の燃焼

度確認等のデータが研究開発として必須なものとは考えられません。21 体デモ処分については、3 体デモ照射と同様なスペックで燃料製造を行い、同様な照射条件で照射した結果を得ることになり新たな知見を得ることにならないため研究課題としないとしています。

許認可のための照射実績については、ロシア側は、バイパック燃料をドライバー燃料の一部として使用するためにペレット MOX 燃料の実績と同じ 30 体の照射実績がバイパック燃料でも必要であるという統一見解を持っています。このため 3 体デモ照射を含めてすでに 9 体の実績があったので、21 体の照射が必要と主張しています。これはロシア側の許認可上の要請で日本側が否定できるものではありません。このためロシア許認可を得るためには、照射実績の蓄積が必要とされています。

4. 研究実施体制

Q4-1

この事業にかけるロシア側の資金と人員に関する情報はないのでしょうか。また、JNC からロシアへの人員派遣実績(長期と短期)はどうなっているのでしょうか。

【A4-2】

ロシア側との共同研究は、全てサイクル機構とロシアの各研究機関間の契約に基づいて行なわれており、契約に基づいた支払いをサイクル機構は行なっています。ロシア側の経費は、全てこの契約によってまかなわれており、ロシア側の資金負担はありません(契約金額は本文中表 6-1 参照)。

ロシア側の人員に関しては、人数を確定する詳細な情報がなく不明です。なお各共同研究で関連する機関は以下の通りです。

(1)BFS-2 臨界実験

契約先 : IPPE (A.ツボーリア原子力発電本部部長)

(2)3 体デモ照射

契約先 : RIAR (A.マヨルシン副所長)

サブコントラクタ : BNPP, OKBM, IPPE

(3)フル MOX コスト評価

契約先 : IPPE (V.マトビエフ主任研究員)

サブコントラクタ : OKBM, RIAR, SPbAEP

(4)BN600 炉心・燃料設計

契約先 : OKBM (B.ワシリエフ設計統括責任者)

サブコントラクタ : IPPE, RIAR

(5)BN600 安全解析

契約先 : IPPE (I.クズネツォフ安全室長)

サブコントラクタ: OKBM, RIAR, BNPP

(6)RIAR 施設整備

契約先 : RIAR (A.ビチコフ化学技術部長)

サブコントラクタ: Sverd NIIKhim mash, VNIPPIET

各共同研究におけるロシアへの人員派遣実績は、これまでのところ契約交渉、作業の進捗確認、レポートの記述確認等が主であったこともあり、ほとんどが 1 週間程度の短期派遣です(本文中表 7.2-1 参照)。1 週間を超える派遣については、3 体デモ照射で 3 体の先行照射燃料集合体の製造の乾式転換の電解析出(MOX 共析)の工程作業視察のために約 2 週間の派遣(1999 年 7 月)、および BFS-2 臨界実験に参加するためサイクル機構職員の 2 週間程度の派遣(2000 年 10 月)を行った実績があります。

また、長期派遣については、これまではありませんが今後、3 体デモ照射において照射後試験への参加を 1 回、RIAR 施設整備において装置据付及び立会い試験への参加を 6 回程度(各一ヶ月程度の期間)予定しています。

SPbAEP; サンクトペテルブルグにある組織で燃料移送技術関連の設計作業を行っています。ここでは、新燃料貯蔵、取り扱い施設の設計作業等を実施しています。

Sverd NIIKhim mash; エカテリンブルグにある燃料製造施設の設計を行う組織で、特に製造ライン、機器設計を行っています。

VNIPPIET; サンクトペテルブルグにある燃料製造施設の設計を行う組織で、特に建物設計、ユーティリティ関連の設計を行っています。

5. 研究成果

①得られた成果の内容

Q5 - ① - 1

ロシアではチェルノブイリ事故後ナトリウムボイド反応度は負とするよう要求が出来ました。これを達成する FULL MOX BN600 炉心とはどんな構成か。

【A5 - ① - 1】

現行の濃縮ウラン炉心より扁平にし、上部にナトリウム領域を設けるものです。具体的には、炉心燃料領域長さを現行の 103cm から 86 cm に 17 cm 短くし、集合体上部に 15cm のナトリウム空間をおき、また、周方向には燃料集合体を現行の 369 体から、429 体へ 60 体増加させています。このような変更により、外部への中性子の漏れを増加させ、事故時のボイド反応度を負としています。

Q5 - ① - 2

短尺燃料にし、ナトリウムプレナム付き燃料集合体にするとき、集合体入り口オリフィスの圧力損失増加で対策するのでなく、ポンプ流量を下げる必要がある理由はなぜか。これが一番よい対策なのか。入り口温度を下げてでも出口温度一定にする必要流量は下がりますが、関連するパラメータ相互の関係を説明ください。

【A5 - ① - 2】

集合体の浮き上がり力は、集合体入り口ナトリウム圧と出口ナトリウムプール圧の差から、ハイドロリックホールドダウン力を差し引いたものとして定義されます。集合体の断面の基本形状は変わらないので、ハイドロリックホールドダウン力は変化がなく、またナトリウムプール圧も不変ですから、浮き上がり力を低下させるためには、入り口ナトリウム圧を低くすることが必要です。

入り口ナトリウム圧の低下させる方法として、ポンプヘッド圧一定でオリフィス等を入れる方法も考えられますが、このためには、例えば、モジュール方式を採用している集合体支持機構側を改造する必要があり、改造工事が困難であること、また、ポンプ流量を下げヘッド圧を下げる方法は、炉心入り口温度と出口温度の差が大きくなり、他の機器への影響が大きいことがあります。結局、炉心が径方向に拡大し、炉心圧損が低下していることから、流量一定でポンプのヘッド圧を下げるのが最適と判断されました。

Q5 - ① - 3

集合体の浮き上がり対策が必要との事であるがブランケットよりも反射体の方が重力が小さく浮き上がり易くはないか。

【A5 - ① - 3】

集合体の重量は、燃料が 90kg、ボロン遮蔽体が 108kg、ステンレス反射体が 130 kg で燃料集合体が最軽量となっています。

Q5 - ① - 4

「3体デモ照射」及び「RIAR 施設整備」については、FS への反映も目標としています。これら 2 項目に限らず、今までに FS に反映できた事項、今後 FS に反映できると期待される事項を、具体的に教えて下さい。

【A5 - ① - 4】

「3体デモ照射」及び「RIAR 施設整備」の 2 項目以外は、明確な FS の項目への直接の反映はなく、高速炉の設計高度化、高速炉リサイクルシステムのデータベース整備等の基盤技術への反映としています(詳細は本文中表 4.2.3-1, 4.2.4-1, 4.2.5-1 参照)。

FS に関係するものとしては、臨界試験成果で示しているように、統合炉定数 ADJ2000R への寄与があります。この統合炉定数自体は FS の評価において使用されるものであり、成果の反映事項のひとつとしてあげられます。また、ロシアから得られたパイ

パック燃料に関する物性式等の知見については、FSのバイパック燃料炉心設計への利用が検討されています。

以上

参 考 資 料 5

ロシア解体プルトニウム処分への協力に係る技術開発
(OHP資料)

本資料は、課題評価委員会
での評価意見などにより改
訂したものである。

ロシア解体プルトニウム処分への 協力に係る技術開発

平成14年12月
(平成15年6月改訂)
核燃料サイクル開発機構

説明内容

- 評価の概要
- 目的
- 背景、必要性と緊急性
- 全体計画、実施ステップ
- 研究開発の一部変更
- 研究開発6項目の目標・計画
- 研究開発体制
- 資金計画
- 研究開発6項目の状況
- 研究開発状況のまとめ
- 成果の公開

評価の概要

○バイパック(振動充填)燃料 + 高速炉BN600(バイパックオプション)によるロシアの解体プルトニウム(解体プル)処分協力に対する課題評価中間評価。

○事前評価後約3年が経過。ロシアとの共同研究の本格化。

- 研究開発の一部変更の妥当性
- これまでの研究開発の成果、目標に対する達成度
- 今後の研究開発の進め方の審議

目 的

- 国際社会最大の懸案事項のひとつであるロシア解体プル処分に対し、サイクル機構(JNC)がこれまで蓄積してきた原子力平和利用技術を活用して協力し、核軍縮・核不拡散に貢献する。
- バイパック燃料製造技術、BN-600炉心・燃料設計等に係る共同研究、作業及び意見交換等を通して知見の獲得を図るとともに、実機での経験を蓄積し、JNCが進める研究開発業務に最大限活用していく。
- 本件はこれら国際貢献と技術開発という相異なる目的を併せ持つものであり、内外の情勢、技術動向を十分に把握し、安全の確保、透明性の確保を前提として進めていく。

背景

- 戦略攻撃兵器削減条約(START-I)の締結(1994年12月発効)。⇒ 核兵器の解体に伴って生じる兵器級プルトニウムに対する核拡散の懸念。
- モスクワ原子力安全サミット(1996年4月)以降、国際的な取り組みが本格化。同年10月パリ国際専門家会合開催。⇒ MOX燃料としての原子炉での燃焼が主、セラミック等への固定化が従。
- 米国から米露共同研究の高速炉(BN600)オプションへの参加の示唆、ロシアからバイパック燃料技術を解体プル処分へ活用の協力要請。
- バイパックオプションは既存設備を最大限利用でき、コスト及びスケジュール上有利。サイクル機構の技術開発ニーズにも合致。
- 政府は、バイパックオプションを日本政府の支援策として関係国へ提案。

必要性

- 国際社会の平和維持に不可欠であることにより、実施へのニーズが高い。
- 機構法第27条の規定に基づき1998年9月30日に国が定めた「核燃料サイクル開発機構の業務に関する基本方針について」の中で、「核兵器の解体に伴い発生する核燃料物質の処理への技術的貢献を行う」ことがJNCに求められており、中長期事業計画にもその旨を位置付けている。
- バイパック燃料製造技術に関し、ロシアの研究開発機関との共同研究等を通してロシアのホット施設を用いたデータを取得することは、国内実施に比べ、はるかに安価で実施できる上、研究開発の効率的な推進という観点で極めて有効である。

緊急性

- 冷戦後の国際社会において、新たな核拡散の種となり得るロシアの解体プールの早期処分への対応は喫緊の課題である。
- 米露を中心とした国際的な検討の進展に平仄を合わせて実施する必要があり、円滑な国際協力のための外交交渉等の面から早急な対応が必要である。
- 燃料に関する研究開発は照射試験による燃料挙動・特性の確認等が必要であり、開発のリードタイムが長く、早期に着手する必要がある。

バイパックオプションの全体計画

- ・BN600でのプルトニウム増殖を停止するために、径方向ブランケット集合体を取り出し、反射体で置き換える。
- ・米露間で検認された解体プルを用いて、MOXバイパック燃料を製造し、BN600へ輸送する。
- ・BN600の炉心を2段階でMOX化し、かつ15年の寿命延長を行い、2025年までに合計約20トンのプルトニウムを燃焼する。
- ・MOXの使用済み燃料は、米露間で調整された場所に、輸送・貯蔵する。
- ・処分作業の実施に当たっては、米国ならびに関係国と協調しつつ、ロシアとの協力を進める。

(特長) 信頼性、コスト低減、早期実施

BN600



既存炉、良好な運転実績

MOXバイパック燃料



BN600での照射実績あり

バイパック燃料製造技術



RIARでの大量製造・照射実績あり

燃料製造施設(RIAR)



既存施設内の設備増強が可能

バイバックオプションの実施ステップ

○ 準備段階

フェーズ0
(1999-2004)

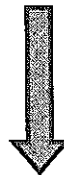
- 臨界実験と炉心解析 *
- 3体デモ照射 *
- フルMOX炉心化コスト評価 *



○ BN-600部分MOX炉心化(ハイブリッド炉心化 0.3tPu/y)

フェーズ1
(2001-2009)

- 21体デモ処分
- ハイブリッド炉心・燃料設計*、安全評価*、許認可
- 径方向ブランケットの削除(反射体設計・製造等)
- RIAR燃料製造施設整備・燃料製造(50体/年)等 *
- 燃料取扱関連設備の整備等



○ BN-600全MOX炉心化(1.3tPu/y)

フェーズ2
(2003-2025)

- BN-600炉心のフルMOX化
- フルMOX炉心用燃料製造施設の整備(300体/年)
- BN600プラント寿命延長(2010年→2025年)等

*サイクル機構担当分

研究開発の一部変更（開発項目）（1/2）

- 米国が自らの資金でブランケットを反射体と置換することを主張したため、反射体設計・製造を除外。
- 改造施設で製造される燃料の先行照射試験は、必要がないことが確認されたので除外。ハイブリッド炉心化の許認可上21体の照射実績の蓄積が必要である旨、ロシア側より日本へ協力要請（検討中）。
- 本検討が解体プル処分を行う上で有効であることを示すため、フルMOX炉心化の概略コスト評価を検討項目として追加。

BN600ハイブリッド炉心化のための研究開発項目の変遷

事前評価時（1999年12月）	2002年11月現在
<ul style="list-style-type: none"> ○BFS-2 臨界実験 ○3体デモ照射 ○BN600 炉心・燃料設計 ○BN600 安全解析（一部米国分を含む） ○RIAR 施設整備 ○反射体設計 ○先行照射試験 	<ul style="list-style-type: none"> ○BFS-2 臨界実験 ○3体デモ照射 ○BN600 炉心・燃料設計 ○BN600 安全解析（一部米国分を含む） ○RIAR 施設整備 ・ 反射体設計は除外 ・ 先行照射試験は除外 ○フルMOX コスト評価の追加

* 21体デモ処分（検討中）については、研究開発要素が少ないためサイクル機構の研究課題とはしない。

研究開発の一部変更(スケジュール)(2/2)

- ハイブリッド炉心化の為の共同研究契約の遅れ(当初計画より1.5年遅延)
- 2000年12月のロシア政令により、全ての核情報を含む技術情報の輸出規制変更。日本に平和利用保証を要求 ⇒ 2002年3月、日本より口上書を発給
- ハイブリッド炉心化移行時期を延期。2003年 ⇒ 2006年
(許認可上必須であるとされている21体デモ処分照射完了まで延期)

実施項目	スケジュール(年度)															
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	~	2020	~	2025
	BN600運転炉心															
	ウラン炉心					ハイブリッド炉心					全MOX炉心					
1 準備段階(フェーズ0)																
○(-1) BFS-2臨界実験																
○(-2) 3体デモ照射																
○(-3) フルMOXコスト評価																
2 BN600ハイブリッド炉心化(フェーズ1)																
2-1 径方向フランケット削除																
-1 反射体設計及び製造																
-2 出力補償用ウラン燃料集合体設計及び製造																
-3 使用済み径方向フランケット貯蔵容器の製造																
-4 径方向フランケット削除作業																
2-2 BN600炉心変更(ハイブリッド炉心)																
○(-1) BN600炉心・燃料設計、BN600安全解析																
-2 許認可作業																
-3 新燃料取り扱い施設整備																
-4 炉心変更作業(MOX装荷)																
2-3 ハイバック燃料製造																
○(-1) RIAR施設整備																
-2 21体デモ処分(燃料設計・製造、照射、PIE)																
-3 MOX新燃料輸送容器設計・製作																
-4 初装荷燃料製造																
-5 取り替え燃料製造																
2-4 使用済みMOX燃料貯蔵施設整備及び貯蔵																
2-5 MPC&A(核物質防護、保障措置等)																

○ : サイクル機構が分担を予定している項目

初期計画 (白) 実工程(実績:予定) (黒)

研究開発6項目の目標・計画 (1/3)

①BFS-2臨界実験

目標：臨界実験により、ロシア許認可に必要な核データを取得し、許認可を支援。大型臨界実験施設によって取得する系統的な実験データ及び解析結果の基盤技術への反映。

計画：臨界実験施設BFS-2を用いて、MOX燃料の装荷に伴うBN600炉心の設計上重要な核特性を測定。ロシア及びサイクル機構の独立な実験解析を行い、BN600ハイブリッド炉心の核設計精度評価、ロシア評価の妥当性をチェック。既存の技術情報との整合性を検討し、我が国のFBR開発に使用する高速炉核設計データベースを拡充。

②3体MOXバイパック燃料製造・照射試験(3体デモ照射)

目標：実際の解体プルによるバイパック燃料の製造、照射により、バイパック燃料技術を実証。

燃料製造技術、照射・照射後試験情報、燃料挙動評価をFSに反映。

計画：MOXバイパック燃料集合体3体をRIAR燃料製造設備により製造、BN600にて約11at%まで照射し、照射後試験を実施。バイパック燃料の燃焼挙動把握を通じて燃料の照射健全性を確認。UO₂顆粒を用いた基礎試験を行い、バイパック燃料挙動評価手法を整備。先行照射試験で得られるデータを用いて燃料挙動評価手法の評価精度の確認・改修。

研究開発6項目の目標・計画 (2/3)

③フルMOXコスト評価

目標：フルMOX化の技術的課題、コストの面から本オプションの成立性を確認。
経済性評価等の情報に国内評価を加え、国内での利用のデータベース化。

計画：ロシアとの共同研究でBN600フルMOX化の技術的な実現見通し(BN600炉心変更、フルMOX化に伴う安全等の課題検討)、スケジュール、概略コスト(バイパック燃料製造施設、新燃料貯蔵・取扱い施設等)の検討。共研結果の妥当性評価を行い、コスト評価について他オプションとの比較検討。

④BN600炉心・燃料設計

目標：BN600ハイブリッド炉心の炉心・燃料設計によるロシアの許認可を支援。
バイパック燃料を用いた炉心の設計に関する知見を基盤研究に反映。

計画：ハイブリッド炉心の炉心・燃料設計を我が国の高速炉設計用核データ及び解析手法を用いて実施し、ロシアによる炉心・燃料設計の妥当性を確認。
核設計誤差の考え方、燃料集合体、燃料ピンの設計及び材料選定の考え方等入手し、基盤研究への反映。

研究開発6項目の目標・計画 (3/3)

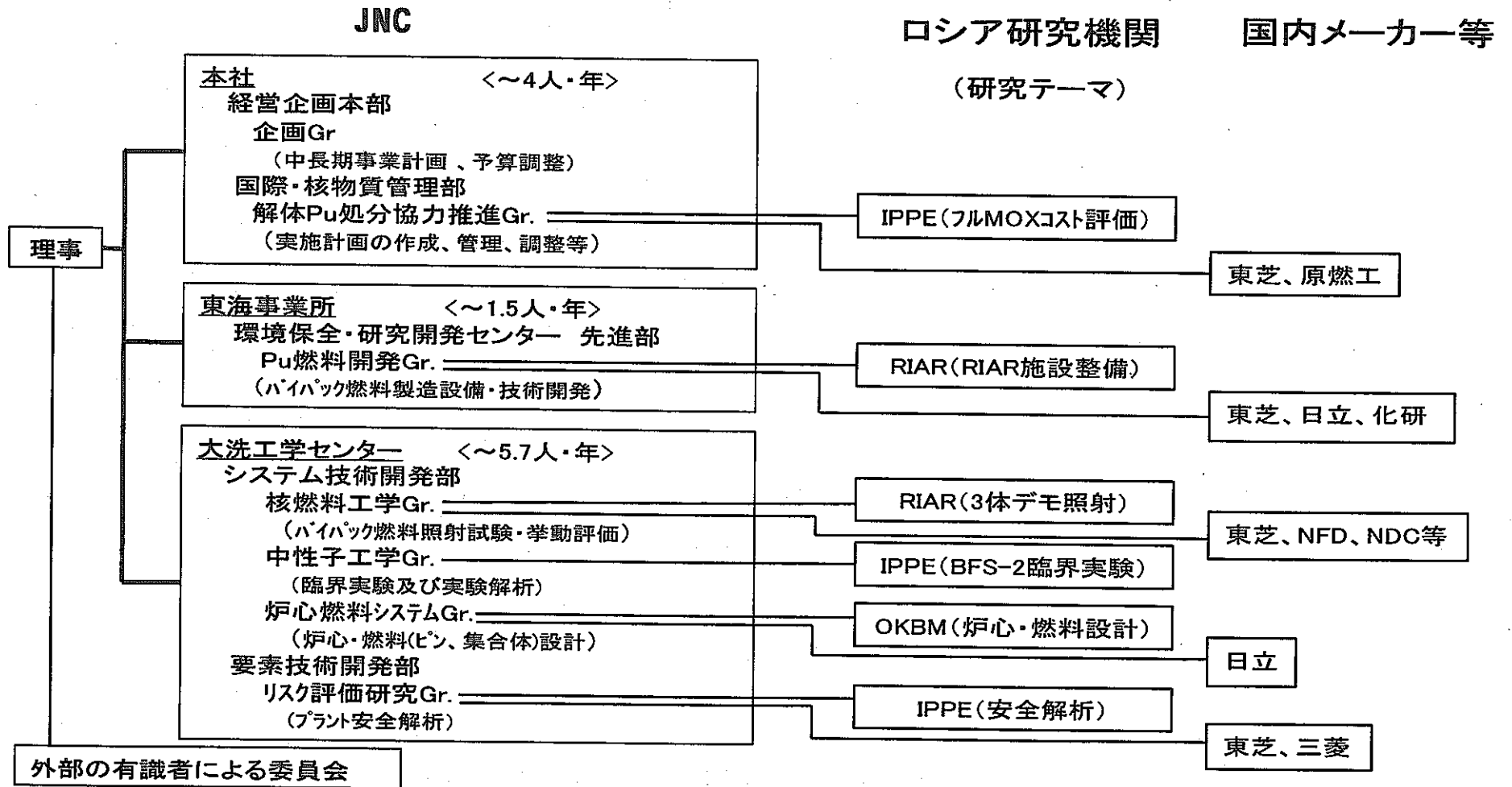
⑤BN600安全解析

- 目標：ハイブリッド炉心化したBN600プラントの安全解析によるロシアの許認可を支援。BN600の安全確保のための国際的コンセンサス確立の支援。バイパック燃料の安全解析に関する知見を基盤研究に反映。
- 計画：BN600プラントの安全解析を米国と分担して実施。特にロシアで経験の少ない炉心損傷事故について詳細解析を行い、ロシアによる安全解析の妥当性を評価。日米露(及び欧からオブザーバー出席)安全性専門家会議を開催してBN600プラント安全確保のための国際的コンセンサスを得る。バイパック燃料に関するロシアの安全性、安全解析モデル、許認可・安全解析の考え方等の有用な知見を取得し、データベースを拡充。

⑥RIAR燃料製造施設の増強(RIAR施設整備)

- 目標：BN600ハイブリッド炉心用バイパック燃料集合体製造ができる設備をRIARに整備。燃料製造に係る設計・改造情報、国内R&D試験による燃料製造性、健全性の情報等をFSに反映。
- 計画：年間50体(金属プルトニウム0.3トン相当)のMOXバイパック燃料を製造できる施設整備(2004年度末)。MOX燃料集合体1体の試作による機能確認。燃料顆粒製造、燃料ピン製造等に関わる機器設計情報、実際の解体プルを使った燃料集合体の試作情報、廃棄物処理の情報等を入手。UO₂を用いた基礎試験を行い、製造技術、燃料健全性に関する情報を取得。

研究開発体制



BN600ハイブリッド炉心化のための資金計画

BN600ハイブリッド炉心化のための作業費用・期間

実施項目	期間 (年度)	総額 (億円)	ロリア契約総額 (百万ドル)	2002年度 までの総 額 (億円)	2002年度 までのロリア 契約分 (百万ドル)
(1) BFS-2 臨界実験	1998～2003	1.8	1.0	1.7	1.0
(2) 3体デモ照射	1998～2004	2.7	1.4	2.3	1.2
(3) フル MOX コスト評価	2000～2002	0.8	0.2	0.8	0.2
(4) BN600 炉心・燃料設計	2000～2002	1.5	0.6	1.5	0.6
(5) BN600 安全解析	2000～2003	3.9	1.0	3.3	0.7
(6) RIAR 施設整備	2000～2004	12.4	4.2	11.9	4.1
(7) 支援業務	1999～2003	0.8	—	0.6	—
合計		23.9	8.4	22.1	7.8

BFS-2臨界実験(1/7)

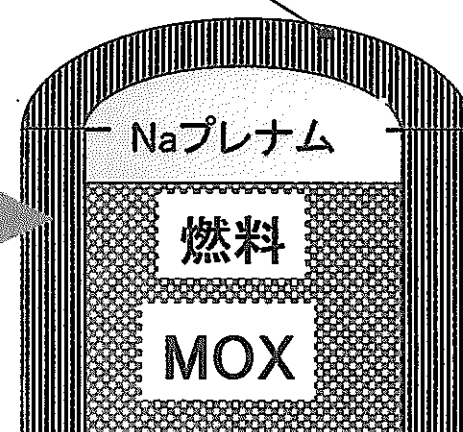
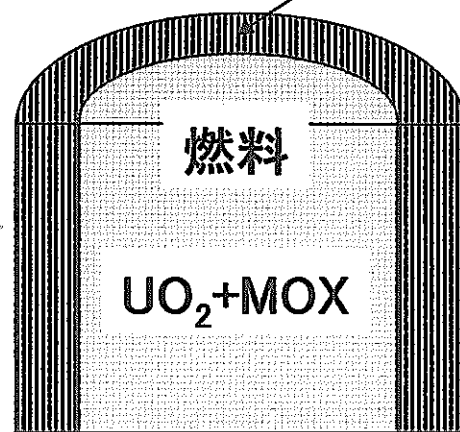
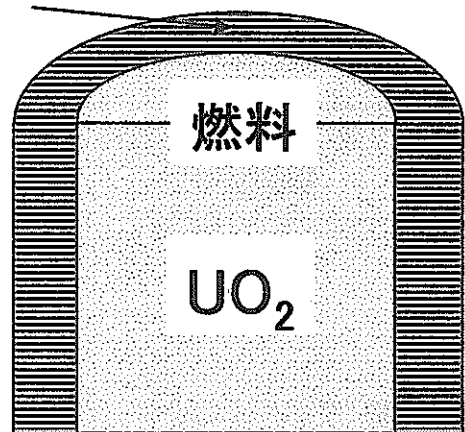
BN600ハイブリッド炉心・フルMOX炉心の特徴
及び BFS臨界実験体系との関係

特徴

- # 現状の UO_2 燃料領域にMOX 燃料を装荷
- # 径方向ブランケットをステンレス鋼反射体に置換

UO_2 ブランケット

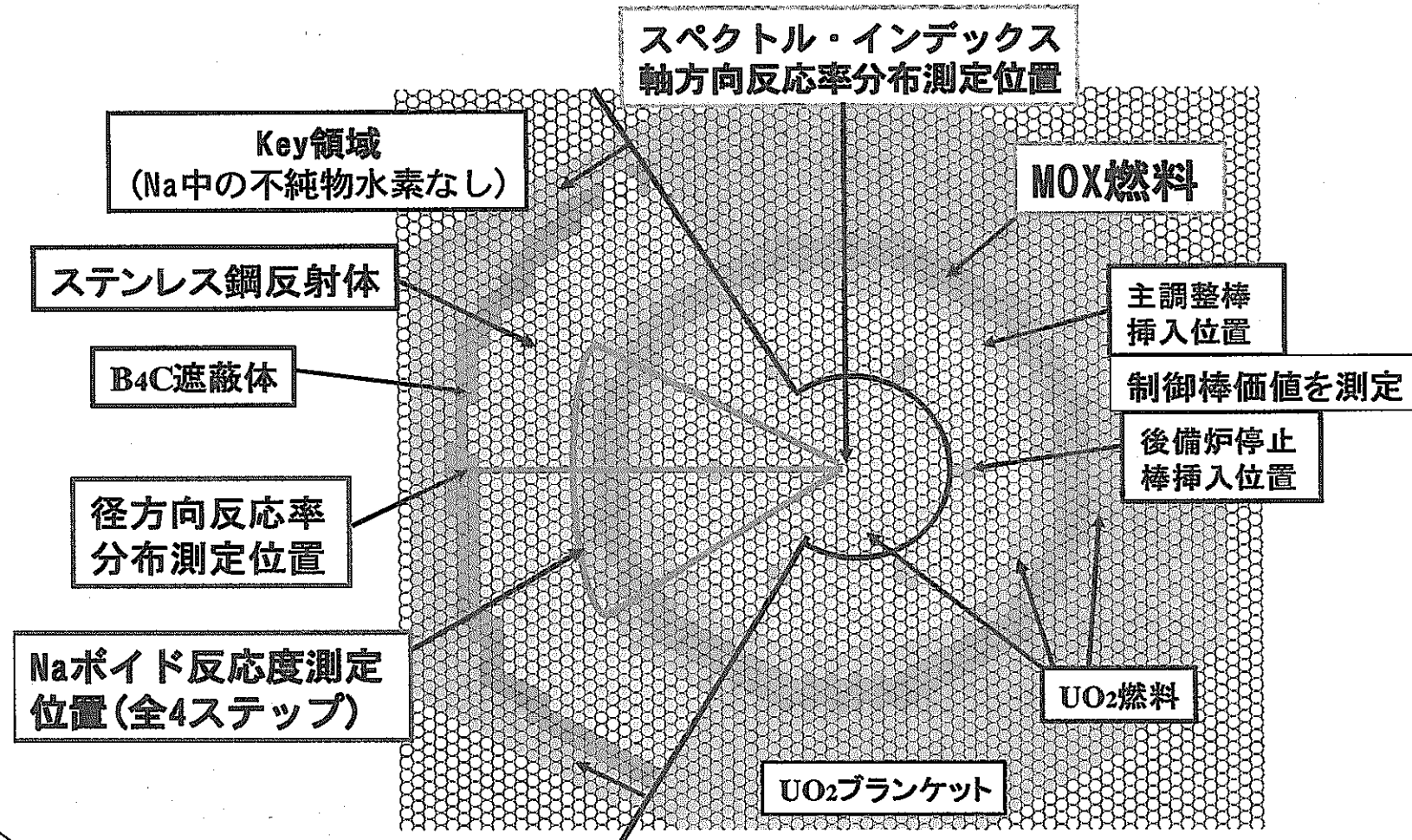
ステンレス鋼反射体



BFS臨界 実験体系	現状炉心	62-2	ハイブリッド炉心	フルMOX 炉心
	62-1	62-4	62-3A	62-5 66-1

BFS-2臨界実験(2/7)

BFS-2炉心配置例(BFS-62-3A体系)と測定パラメータ



BFS-2臨界実験(3/7)

スケジュール(BFS-2臨界実験)

工程表

実施項目	年度	1999	2000	2001	2002	2003	2004
BFS-2臨界実験							
1. BFS-62-1体系		—					
2. BFS-62-2体系		—					
3. BFS-62-3A体系		—					
4. BFS-62-4体系			—				
5. BFS-62-5体系				—			
6. BFS-66-1体系					—		
核特性解析・評価							
7. 臨界実験解析		—————					
8. BN-600ハイブリッド炉心の解析精度評価		—————					
各種作業結果に関するIPPE報告書の提出		●		●	○		
		実験報告書2冊 (受領済み)		実験・解析報告書各2冊 (受領済み)		最終報告書2冊 (作成中)	
成果の公表(白抜きは予定を示す)							
原子力学会			▲ ▲	▲ ▲	▲ △	△	
国際会議				★	★	☆	☆
研究論文				■	■	□	
核特性解析手法整備							
1. 反応率分布評価用ツールの整備			—————				
2. 輸送解析コードへの燃焼・摂動ルーチンの付加			—————	—————			

目標の達成度、成果

(目標の達成度)

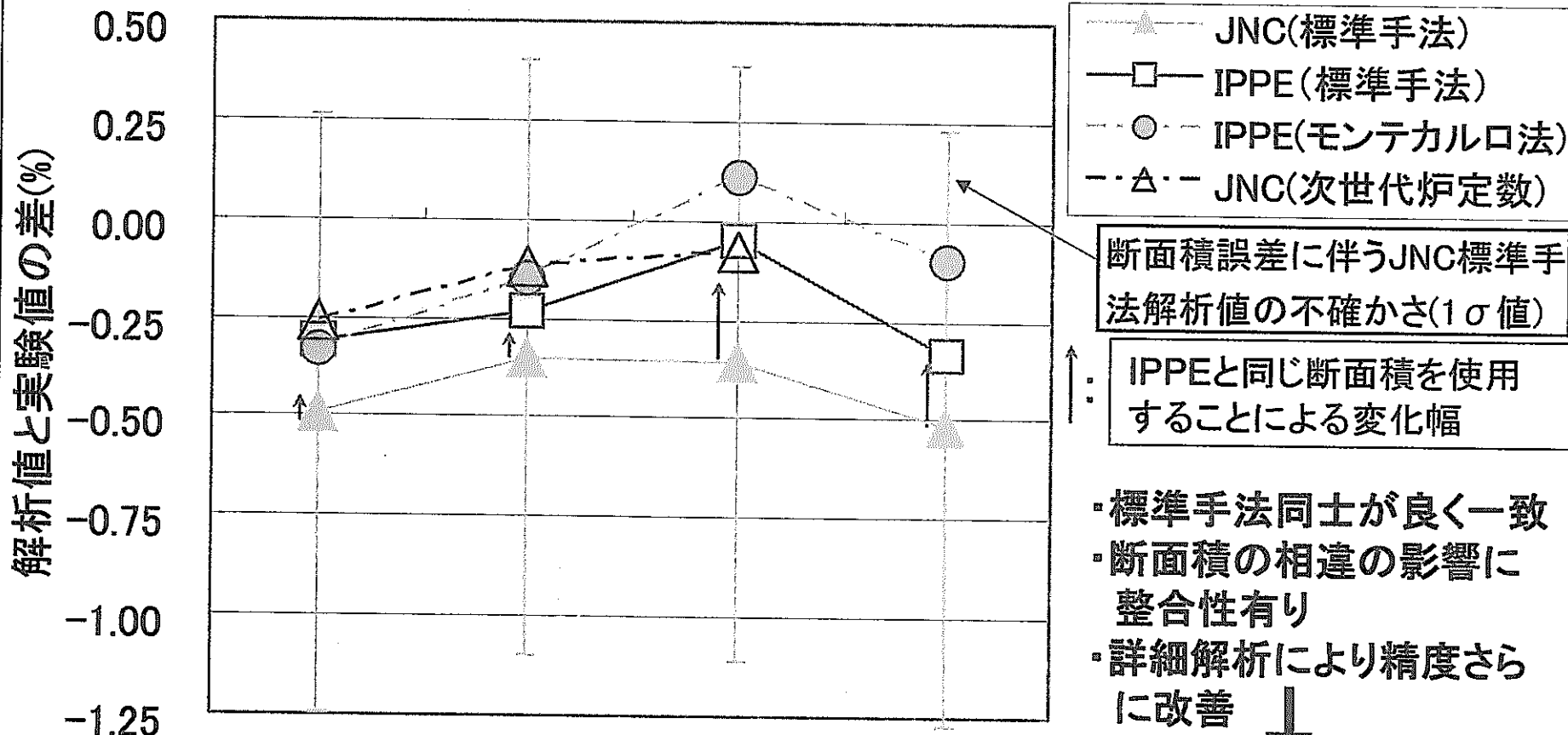
- ・BFS-2における全試験体系の試験を完了し、実験解析を行った。BN600ハイブリッド炉心の核設計精度評価に着手すると共に一部高速炉核設計データベースの拡充を図った。

(成果)

- ・BFS-2において、BN600にMOX燃料を装荷した場合の核特性解析精度を評価する臨界実験を完了。
- ・臨界性、ナトリウムボイド反応度、反応率分布等の高精度の実験データに基づき、サイクル機構及びIPPEで実験解析を行い、共に良好な解析精度が得られた。
- ・BFS臨界実験・解析情報は、ロシア解体プルトニウム処分への協力はもとより、JNCの高速炉開発にも有効に活用できることを確認し、既に一部の結果を統合炉定数ADJ2000Rに反映済み。

BFS-2臨界実験(5/7)

臨界性に関する実験解析結果



断面積誤差に伴うJNC標準手法解析値の不確かさ(1σ値)

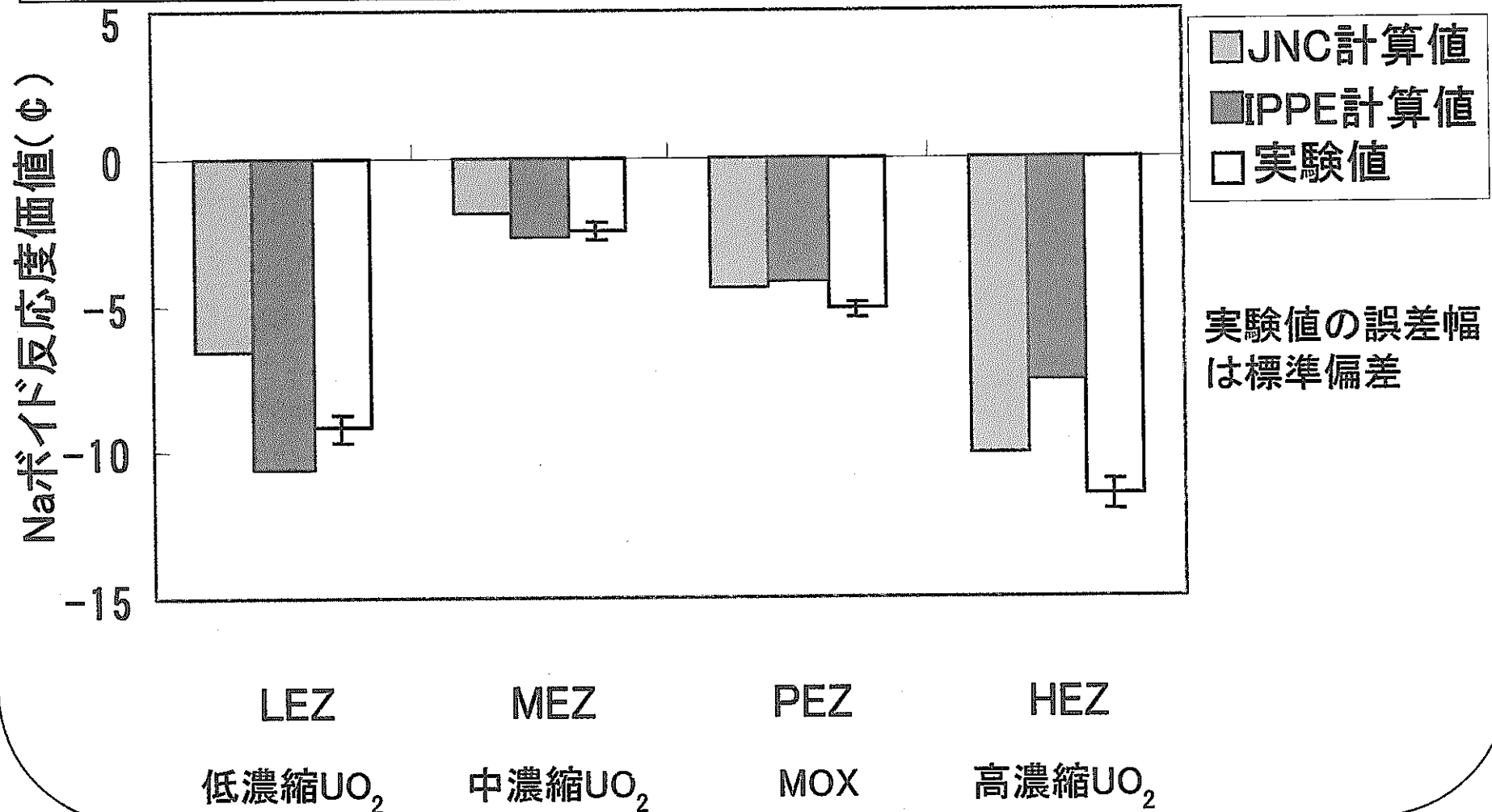
↑
IPPEと同じ断面積を使用することによる変化幅

- 標準手法同士が良く一致
- 断面積の相違の影響に整合性有り
- 詳細解析により精度さらに改善

↓
良好な解析精度を独立な解析システムでそれぞれ検証

BFS-2臨界実験(6/7)

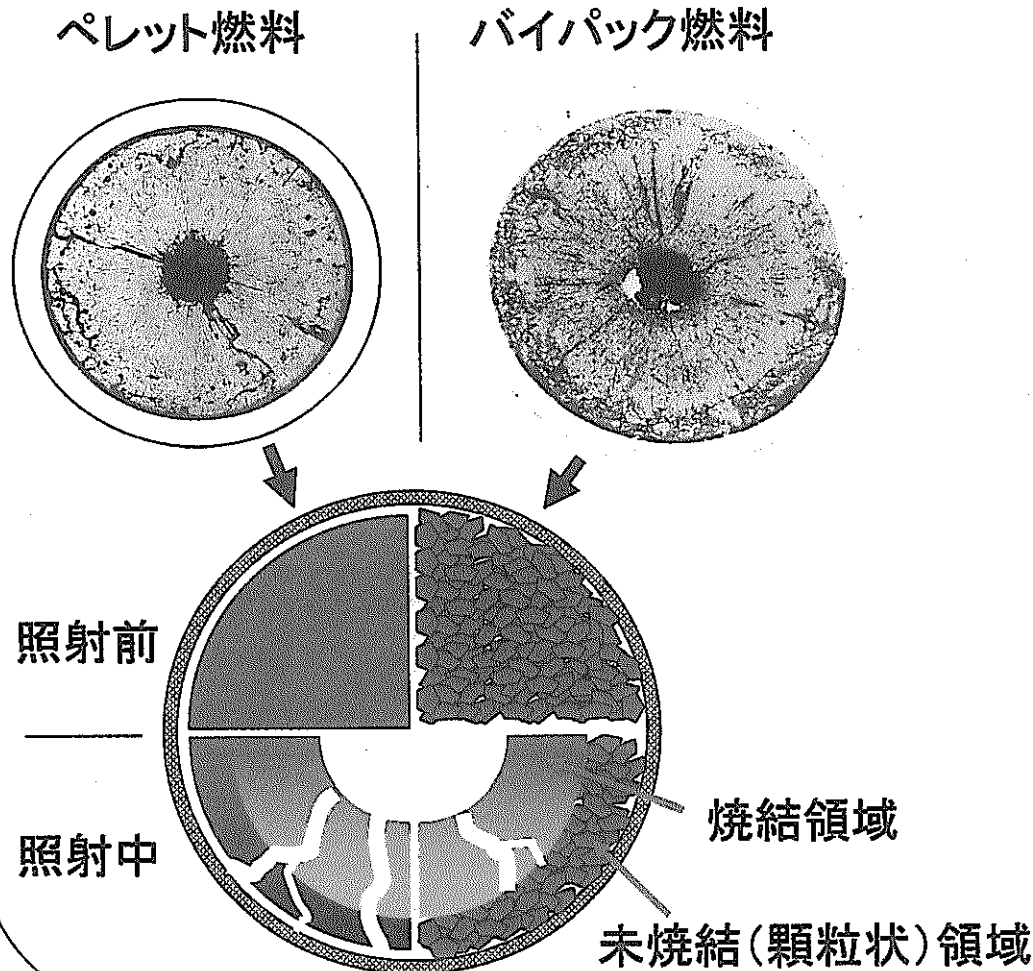
燃料領域毎のNaボイド反応度値解析結果
の比較(BFS-62-3A体系)



課題および今後の展開

- 今後、BFS実験解析結果に基づくBN600ハイブリッド炉心の解析精度評価を行い、結果をロシア許認可に反映する。
- 一連のBFS実験解析結果を、ZPPRやFCA等の臨界実験解析結果との整合性をチェックした上でサイクル機構の核設計データベースに取り込み、統合炉定数作成に使用することにより、基盤研究に活用する。

バイパック燃料の特徴

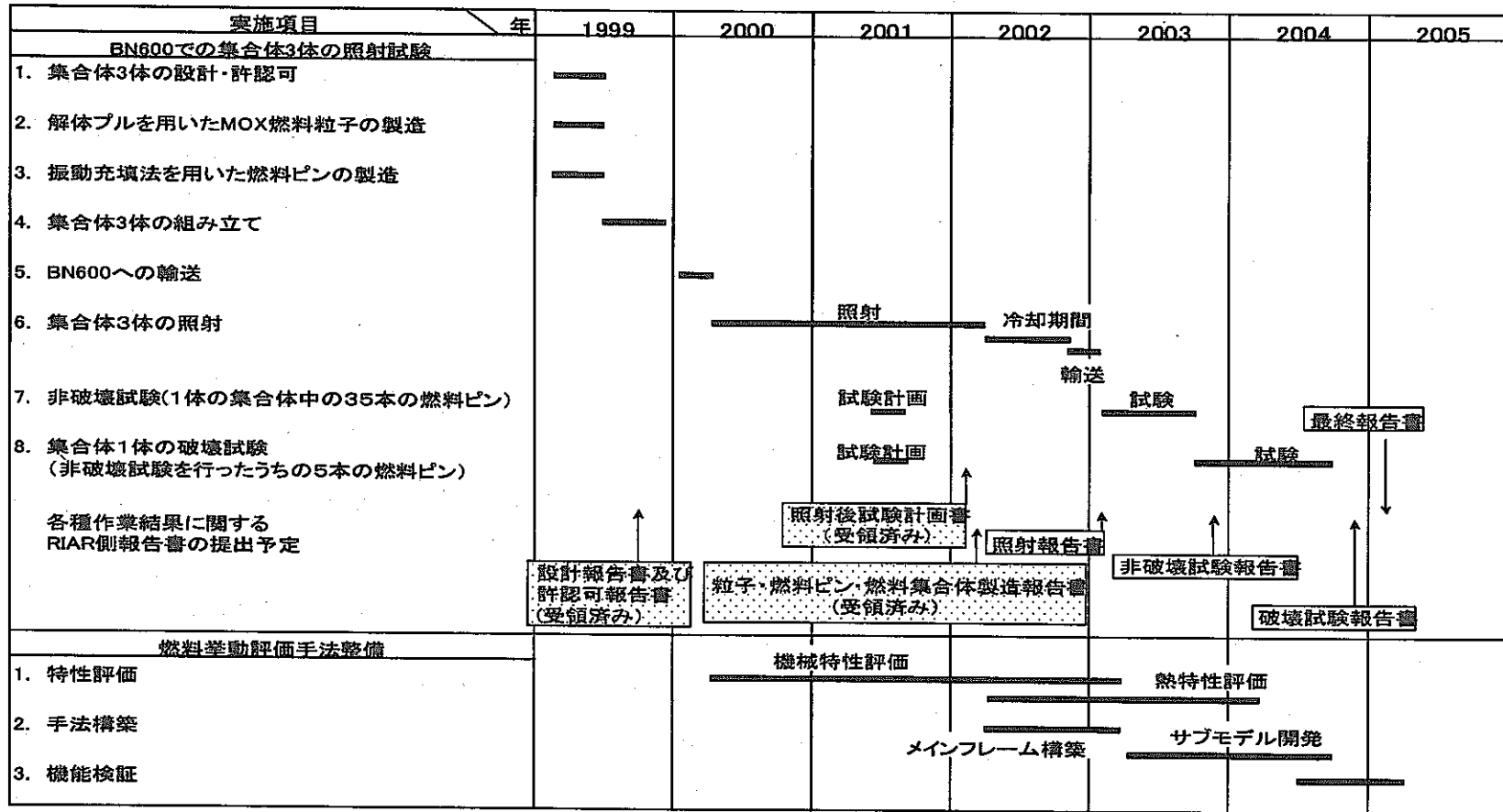


▶燃料と被覆管とは接触状態
： 径方向に大きな力が作用
ししながら被覆管の歪は
ペレット同等との知見
⇒ 燃料-被覆管の機械的
相互作用の理解が重要

▶顆粒状領域が存在
： 熱(燃料温度)及び
化学的状态(組織変化等)
に顆粒充填体であることの
影響が生じるとの知見
⇒ 「顆粒」であることの効果の
理解が重要

3体デモ照射(2/6)

照射試験・挙動評価スケジュール



3体デモ照射(3/6)

目標の達成度、成果

(目標の達成度)

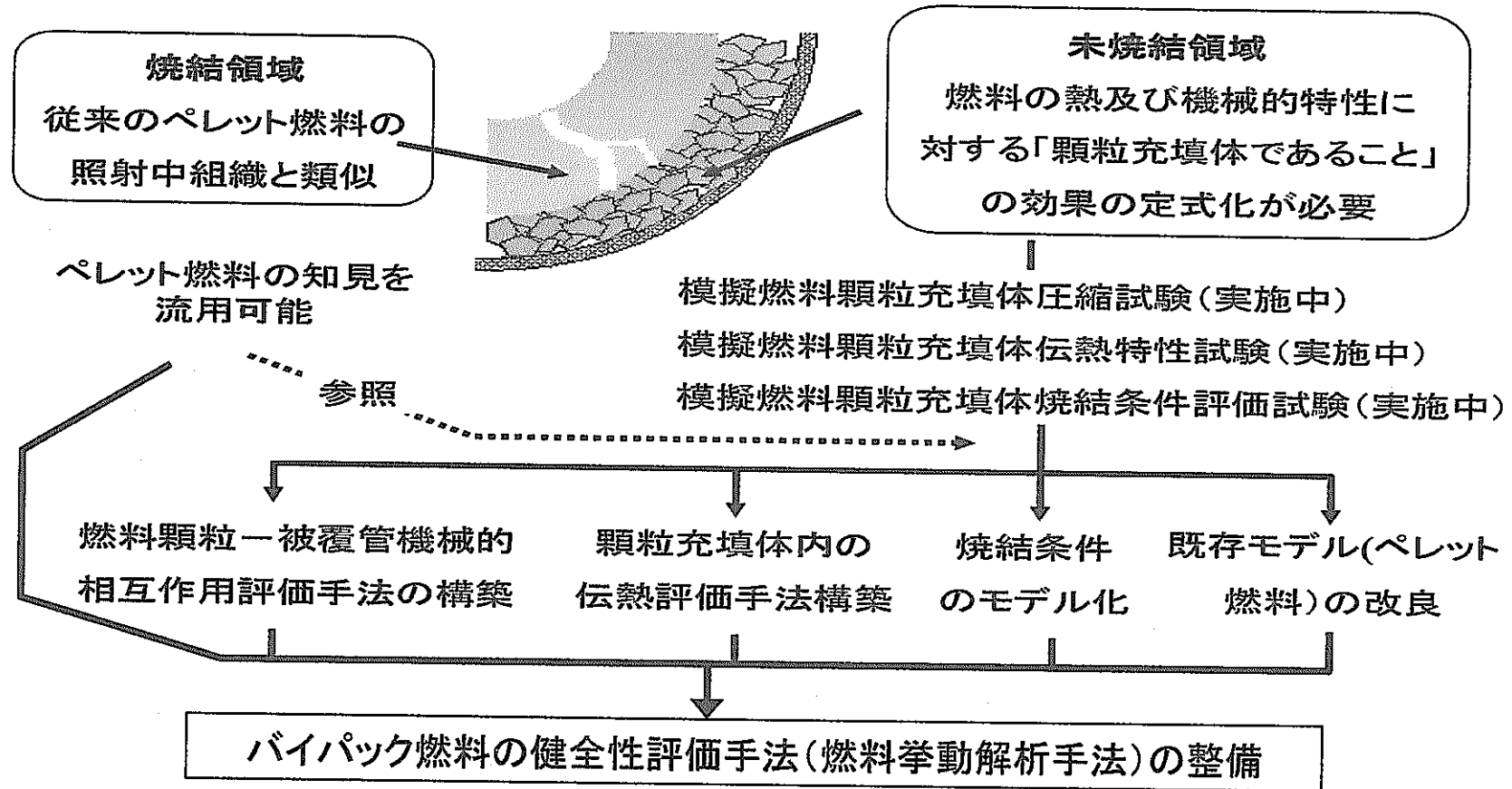
- ・3体デモ照射用燃料集合体の製造、照射を完了し、ロシア許認可を支援する照射実績の一部が得られた。またバイパック燃料の照射挙動評価手法の検討、各種特性試験を開始した。

(成果)

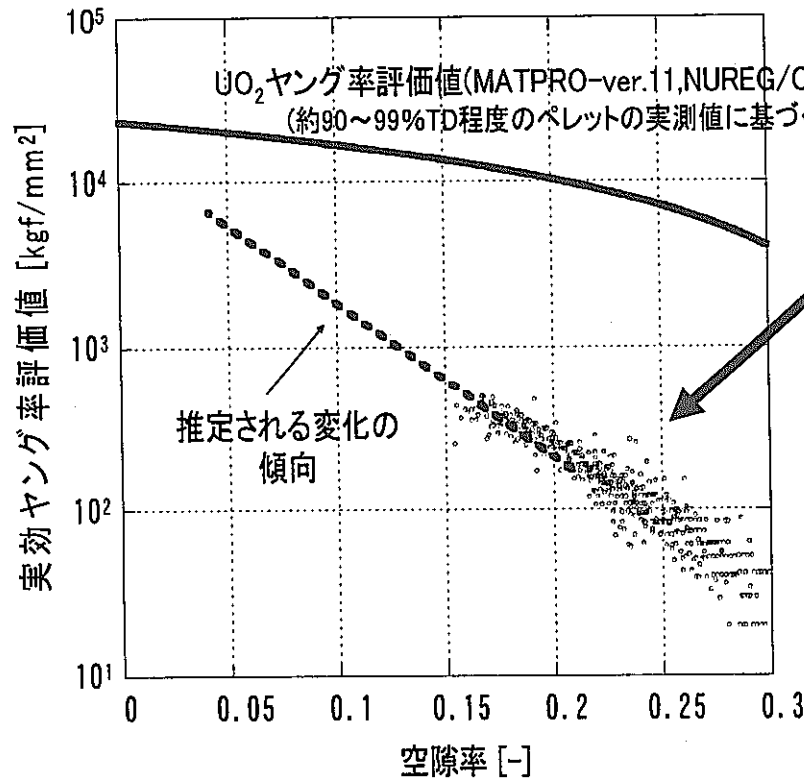
- ・1999年に解体プルを用いてMOXバイパック燃料集合体3体を製造。
- ・2002年3月にBN600で照射を終了し、バイパックオプションの技術的実現性を示した。同時に20kgの解体プルの処分を終了。
- ・製造情報・照射情報を整理し、報告書化。照射後試験計画の策定。
- ・バイパック燃料の照射挙動評価手法の整備方針を策定。
- ・バイパック燃料の燃料-被覆管機械的相互作用評価手法構築のための模擬燃料顆粒充填体圧縮試験を実施。

3体デモ照射(4/6)

評価手法関連(手法整備の方針)



UO₂ 顆粒充填体の圧縮特性



UO₂ 顆粒充填体 (3サイズ混合、不定形顆粒) の圧縮特性評価結果
(初期充填率約70~75%TD程度)

高空隙率域では顆粒の再配置が生じるため、低空隙率域と傾向に違いがある。

この結果から

➤ 「充填体は非常に柔らかい」

⇒ FCMI 応力緩和効果の存在を確認

➤ 充填体の圧縮特性は、焼結体のヤング率の空隙率依存関数による補正にて定式化可能

3体デモ照射(6/6)

課題及び今後の展開

- 2003年2月より照射後試験を実施し、2004年10月頃に終了。
- 得られた知見は2004年度末までとりまとめ、バイパック燃料健全性を確認し、ロシア許認可を支援する。
- 燃料挙動評価手法により、照射後試験を評価し、RIARの挙動評価手法の信頼性を確認する。
- 継続して模擬燃料顆粒充填体圧縮試験や顆粒域の伝熱特性評価試験、焼結条件評価試験を実施。
- 2003年度より評価モデルの構築を開始、2004年中に手法整備を終了し、FSIにおける燃料性能評価検討へ反映。

フルMOXコスト評価(1/5)

BN600フルMOX化のコスト評価、成立性検討の概要

- フルMOX化の為のBN600炉心改造(フルMOX炉心構成、一次冷却系ポンプ改造等)の具体化。
- バイパック燃料の特徴を生かした燃料製造施設の概念検討及びペレットに比較してのコスト合理化。MOX新燃料貯蔵・取扱施設等の整備コストの評価
 - ⇒ バイパックオプションとしてG8等処分オプション選定の場合への提案
- バイパック燃料利用に係る技術的課題、経済的特徴を示す情報を整理し、基盤技術に反映する。

フルMOXコスト評価(2/5)

目標の達成度、成果、課題と今後の展開(1/2)

(目標の達成度)

- ・フルMOX化のための課題抽出、コスト評価により本オプションの成立性を確認し、G8における日本提案(バイパックオプション計画)に反映。

(成果)

- ・BN600フルMOX炉心の炉心構成の明確化、年間1.3トンの解体プル処分の技術的可能性を確認。
 - ⇒上部ナトリウムプレナムを設置し、ボイド反応度等の核的特性を改良。
 - ⇒燃料集合体の燃料長を86cm(現行 UO_2 燃料より17cm短尺化)、燃料集合体を429体(現行 UO_2 炉心より60体増加、ブランケットを反射体に置換)とし、炉心を扁平化。
 - ⇒一次冷却系ポンプの吐出圧を10%程度低減。インペラ切削、モータ回転数変更によって調整可。

フルMOXコスト評価(3/5)

目標の達成度、成果、課題と今後の展開(2/2)

・バイパック燃料製造施設(1.3トン/年)の建設費試算により、経済的優位を確認。

⇒バイパック燃料製造施設(約180百万ドル、1.3トン/年)

ペレット燃料製造施設(約600百万ドル、2.8トン/年:米露コスト評価2001.3)

⇒国内評価により施設概念を明確にすると共にコスト評価の妥当性を確認した。

・G8における日本提案のバイパックオプション計画に反映。

(課題と今後の展開)

・バイパック燃料を利用する際の技術課題、経済性評価の情報を整理し、基盤研究に反映する。

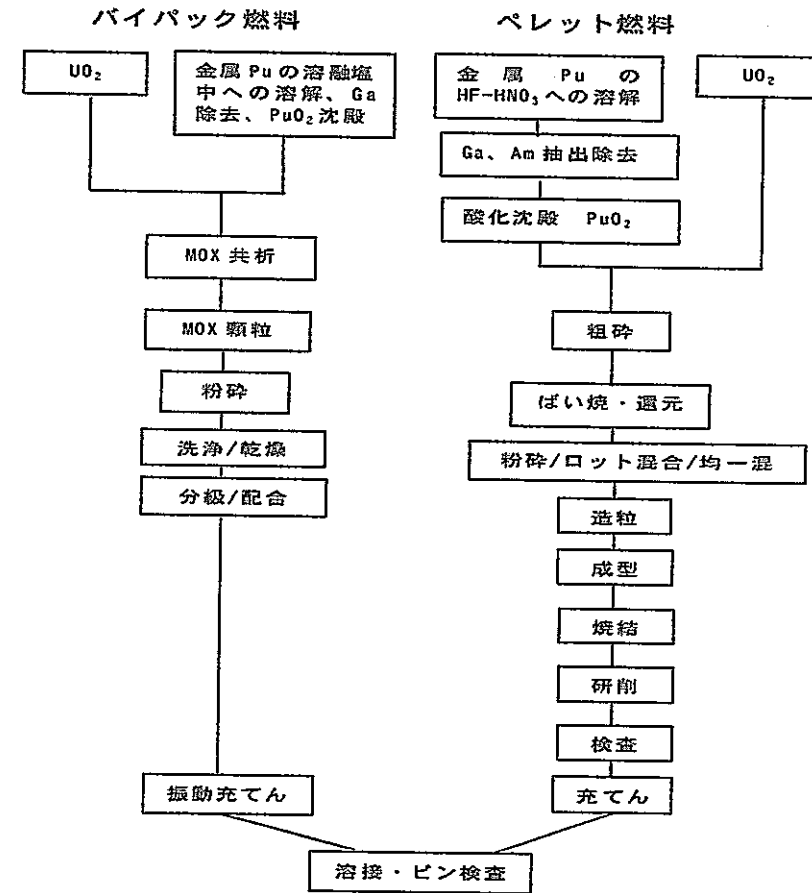
フルMOXコスト評価(4/5)

ペレット燃料とのコスト評価

ペレット燃料とのコスト比較

(単位MUS\$)

項目	燃料	バイパック燃料	ペレット燃料 (米露評価)
燃料製造	設備容量	1.3トン/年	2.8トン/年
	転換設備 燃料加工	176	134.5
	運転・維持費	331.7 (22.11M\$/y)	463.1
Pu 1Kg当たりの 製造(処分)費		25.4 (kUS\$)	42.2 (kUS\$)

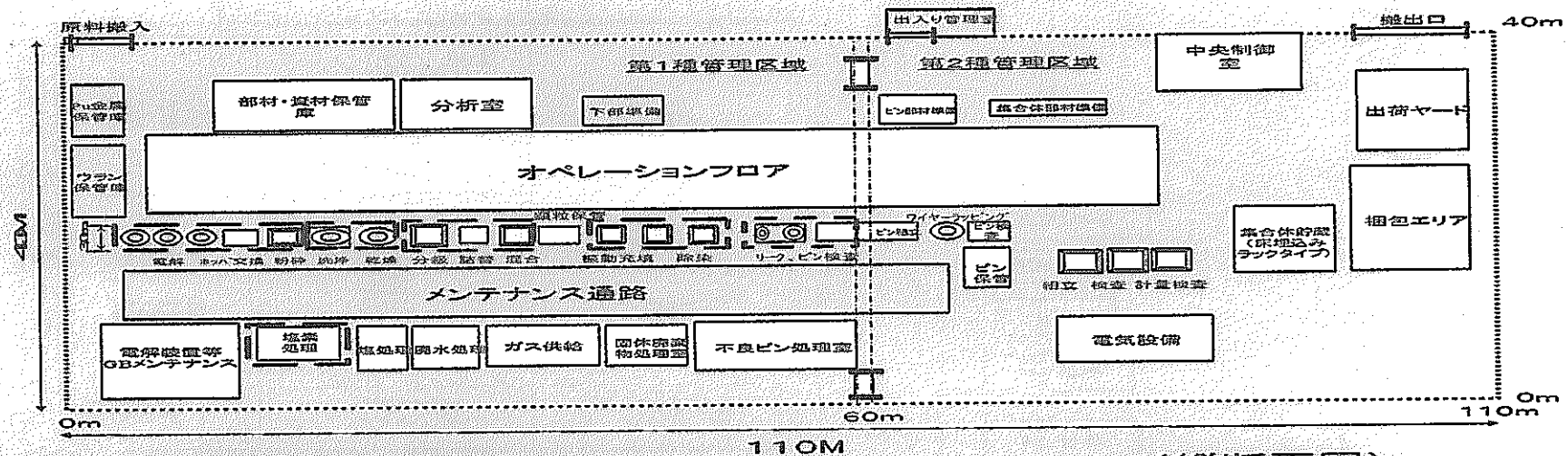


バイパック燃料とペレット燃料の製造工程比較

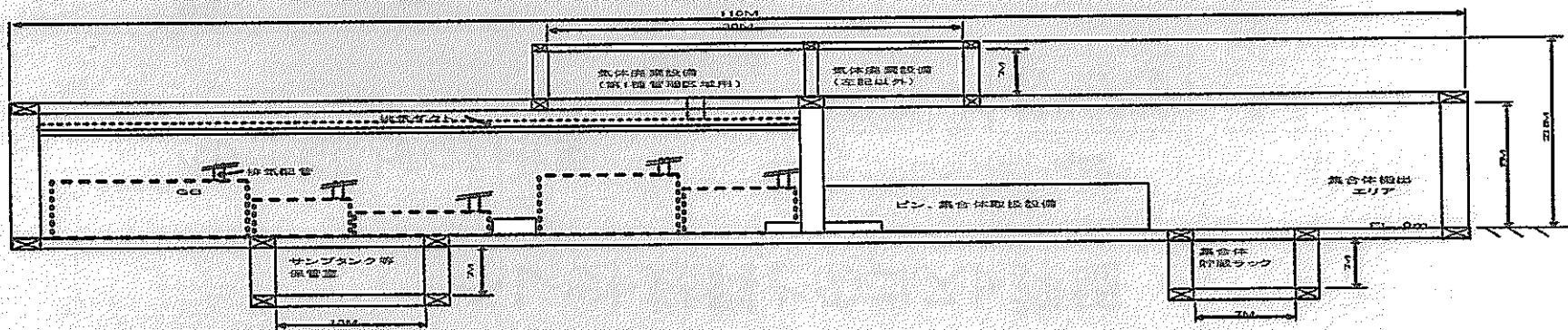
フルMOXコスト評価(5/5)

燃料製造建屋概念図

(1F機器配置図)



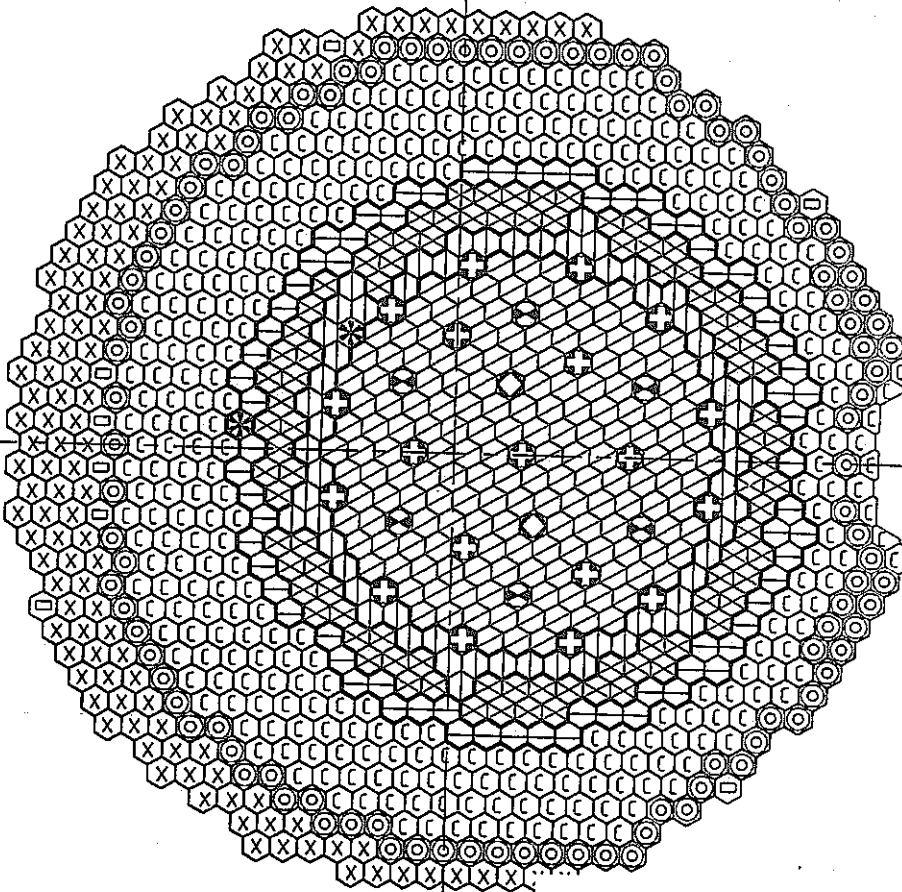
(縦断面図)



BN600炉心・燃料設計(1/6)

-ハイブリッド炉心構成-

:ロシア設計



98.4mm

	低濃縮ウラン燃料集合体	172
	中濃縮ウラン燃料集合体	60
	MOX燃料集合体	91
	高濃縮ウラン燃料集合体	71
	スチール遮蔽体	309
	B ₄ C遮蔽体	104
	スクラム棒	6
	粗調整シム棒	19
	微調整棒	2

予備解析用炉心構成との類似性

- 炉心熱出力: 1470MWth
- 燃料集合体数: 394
- UO₂燃料濃縮度
低濃縮/中濃縮/高濃縮=17/21/26w/o
- MOX燃料Pu富化度: 20w/o
- 実効運転サイクル長さ: 140EFPD
- 燃料交換バッチ数: 4
- 燃料炉内実効滞在日数: 560EFPD

目標の達成度、成果

(目標の達成度)

- ・ロシア炉心・燃料設計の殆どを入手し、設計内容を確認した。サイクル機構の核データ、解析手法による妥当性評価に着手すると共に、入手した設計データの検討・整理を行っている。

(成果)

- ・バイパック燃料炉心、燃料集合体、燃料ピンの各設計が終了。設計報告書を入手し、各設計がロシア規制の下、必要な評価が行われている事を確認。
- ・ロシアから入手した炉心構成(MOX集合体数、制御棒本数・配置、運転条件)が一致していることから、暫定ハイブリッド炉心を対象とした予備解析の結果により、核的な設計成立性の可能性確認ができた。
- ・バイパック燃料ピンの設計に用いられる物性値等の評価式や設計条件を入手した。これらは入手前に想定していたものと異っている。

BN600炉心・燃料設計(3/6)

ロシア設計 - 熱流力設計 -

流量配分成立の確認

項目	流量 (t/s)
燃料集合体	6.11
スチール・B ₄ C遮蔽体	0.05
制御棒	0.12
貯蔵燃料集合体	0.17
燃料集合体からの漏れ流量	0.15
その他(バイパス流量等)	0.14
合計	6.8

被覆管温度評価

集合体タイプ	流量 (kg/s)	最大発熱ピン 被覆管温度(°C)	
		ノミナル	ホット スポット
低濃縮ウラン	15.6	641	692
	14.2	640	691
中濃縮ウラン	16.4	643	695
MOX	15.8	642	693
高濃縮ウラン	15.4	642	692
	13.9	640	689

ヒートバランスに基づく1次系総流量: 6.8t/s

炉心圧力損失
評価値
0.78MPa

集合体浮き上がり防止の確認
集合体重力 > 最大集合体押上げ力
(不確かさ考慮)

集合体設計に
おける仕様

BN600炉心・燃料設計(4/6)

国内解析 - 核特性予備解析 -

ナトリウムボイド反応度
(炉心+上部軸ブランケットボイド)

解析モデル	評価値 (% $\Delta k/kk'$)
ハイブリッド 燃焼初期	0.05
ハイブリッド 燃焼末期	0.17

低ナトリウムボイド反応度

核的な設計成立の可能性を確認
← 入手した炉心構成と予備解析用
炉心構成との類似性

制御反応度収支
(運転中の反応度制御性: 第1系統制御棒)

項目	評価値 (% $\Delta k/kk'$)
制御すべき反応度	
温度補償(230→365°C)	0.31
出力補償(0→100%出力)	0.71
燃焼補償	2.90
合計	3.92
制御棒反応度価値 (第1系統1ロッドスタック)	5.44
未臨界度	1.52

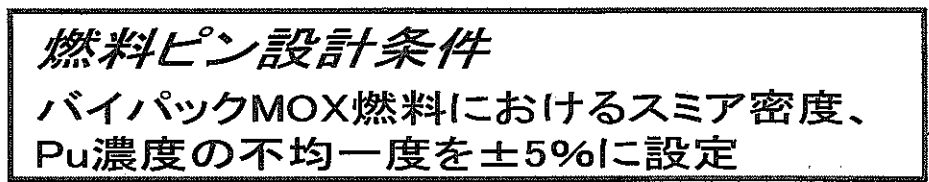
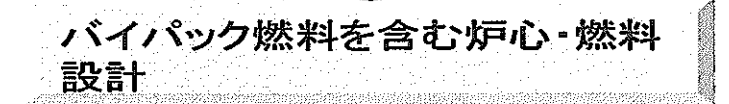
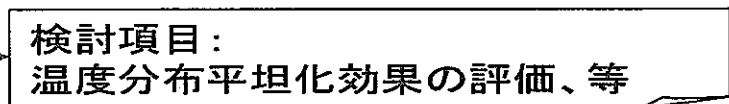
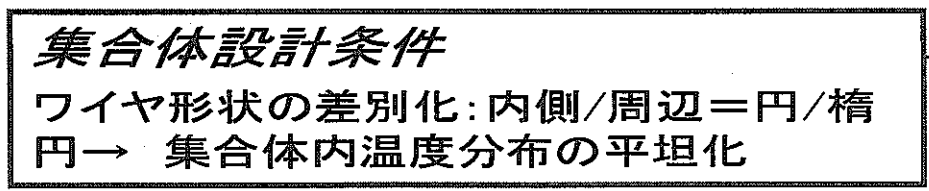
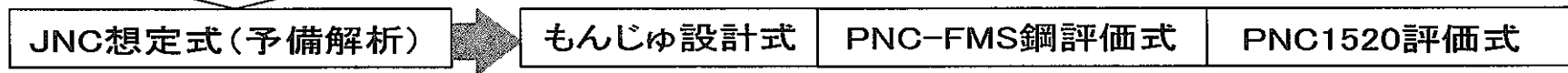
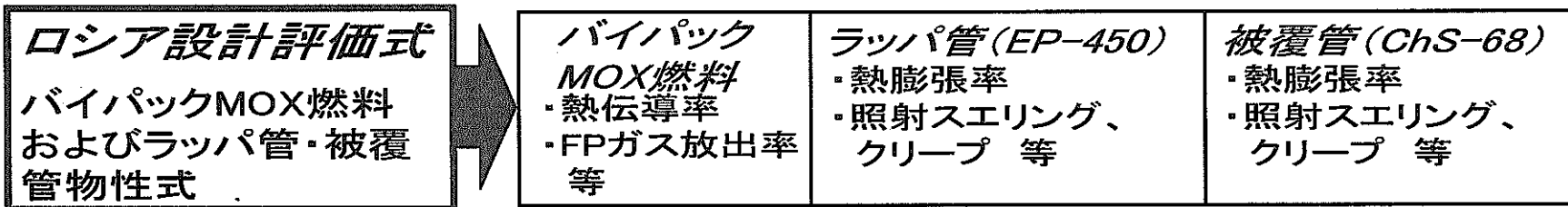
(注)ロシア規則: 未臨界度に対し、
・1ロッドスタック時 : 負でない
・全数挿入時 : $\geq 1\% \Delta k/kk'$

制御系の反応度収支成立

BN600炉心・燃料設計(5/6)

研究開発への反映: 設計評価式・条件

設計評価式・条件の入手

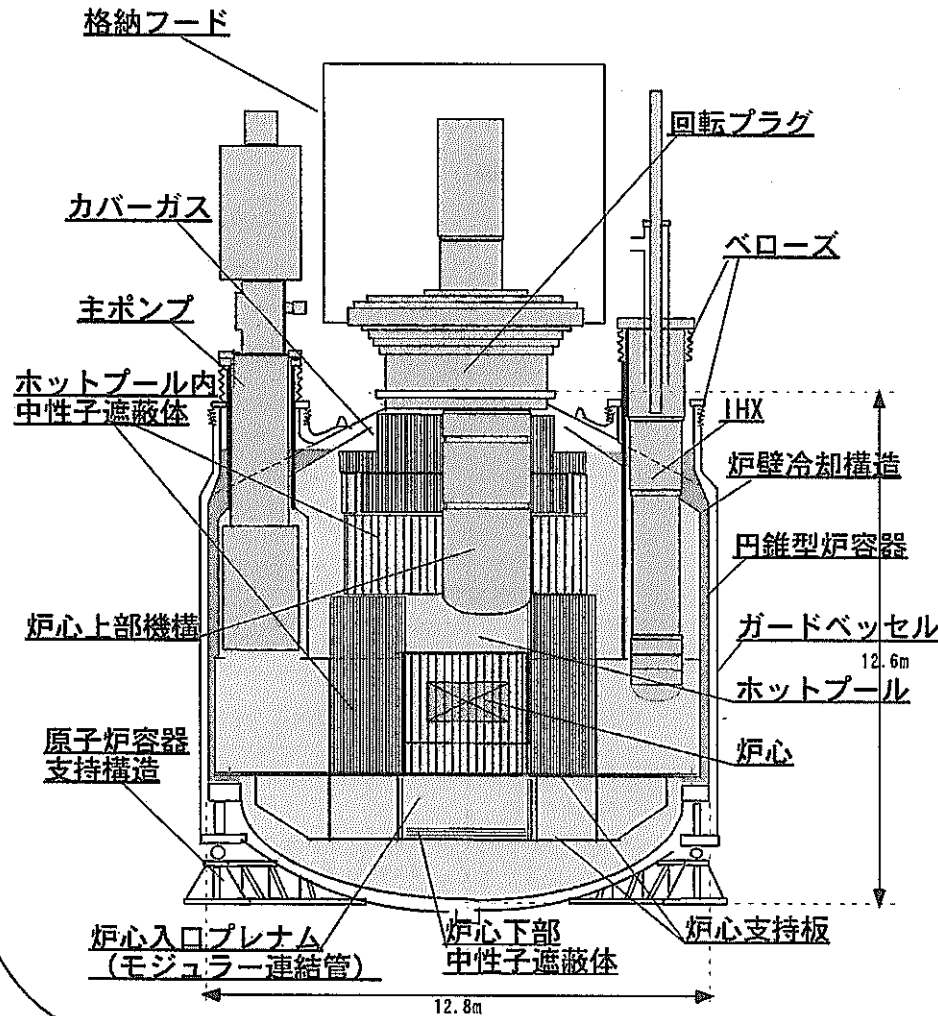


課題と今後の展開

- ・核設計関連の報告書及び炉心設計に関わる設計図書・技術仕様書を2003年2月末までにロシアより入手し、核設計を含めた設計内容全体を確認。
- ・ロシアからの情報に基づき、炉心解析、設計基準事象における炉心安全性解析、燃料集合体の応力・歪み及び強度・照射変形解析、燃料ピンの熱・照射特性解析を国内で実施し、ロシア設計の妥当性を確認。
- ・ロシアから入手するバイパック燃料を用いた炉心における核設計誤差の考え方、バイパック燃料ピンの設計条件や設計評価式を基盤技術開発として、バイパック燃料を含む炉心・燃料設計に反映。

BN600安全解析(1/5)

BN600プラント原子炉の特徴 熱出力: 1470 MW、電気出力: 570 MW



下置タンク型原子炉容器構造

- ・上部円錐型原子炉容器
- ・大口徑ベローズ
- ・小カバーガス体積
- ・小容積ナトリウムホットプール
- ・厚い炉心周り中性子遮蔽体

ハイブリッド炉心

- ・UO₂+MOX燃料集合体(約8:2)
- ・コンパクトな炉心: 等価直径 2.1m、1m長
- ・UO₂燃料主体の低ボルト反応度炉心: 0.3\$

BN600安全解析(2/5)

バイパックMOX燃料装荷ハイブリッド炉心の安全解析 共同研究期間:H13/8 - H16/3

バイパックMOX燃料を装荷したBN600ハイブリッド炉心の安全解析

項目	年度	平成12年度 2000年度		平成13年度 2001年度		平成14年度 2002年度		平成15年度 2003年度	
		4	10	4	10	4	10	4	10
BN-600/ハイブリッド炉心の安全解析									
(1)ロシア側安全評価(詳細[表8.5-2])									
1) 設計基準内事象 11事象									
2) 設計基準外事象 5事象									
3) 確率的な安全評価(レベル1PAS)									
4) 振動充填(Vipac)MOX燃料装荷炉心安全解析用入力データの準備									
5) 従来解析コードの改良 2件									
(2)日本側での安全評価									
1) ロシア側安全評価のチェック解析									
2) 詳細安全評価解析									
(a) 炉心損傷事故解析									
(b) 炉容器耐衝撃評価									
(3)専門家派遣等									
1) ロシア側との担当者レベル情報交換会議(ロシア)									
2) 日米露安全性専門家会議(ロシア)									
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>6件: 7事象解析と炉心構造データ準備</p> <p>9件: 6事象解析、確率的な安全評価(1)、コード改良2件</p> <p>設計基準外事象解析</p> <p>設計基準事象解析</p> <p>耐衝撃評価</p> <p>耐衝撃評価</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>5件: 3事象解析、確率的な安全評価(2)、(3)</p> <p>日・米による安全解析支援の分担</p> <p>基礎技術開発データベース拡充 ・バイパック燃料の安全性知見 ・ロシアの安全解析手法の知見 ・ロシアの許認可解析の考え方</p> <p>日本側の安全解析 ・ロシア側安全評価の妥当性の確認 ・最新解析手法による炉心損傷事故(CDA)評価に基づく安全確保条件の明確化</p> <p>日・米・露・欧安全性専門家会議 ・BN600プラント安全性確保のための国際的コンセンサスの確立</p> </div> </div>									

目標の達成度、成果(1/2)

(目標の達成度)

- ・BN600ハイブリッド炉心の安全解析を実施し、ロシア側の解析結果と比較検討した。炉心損傷事象については、予備解析の結果をロシア側に提示している。ロシアの安全解析に係る知見を一部入手している。

(成果)

- ・異常な過渡変件事象4件、設計基準事象2件、設計基準外事象1件の解析実施。
 - ⇒ 日本側の解析、原型炉・実証炉・海外炉の安全解析知見に基づき、ロシア側評価結果に対して問題点を指摘し、対応を要求。ロシア側は対応。
- ・日本側解析コードにより、炉心流量減少型スクラム失敗事故(ULOF)起因の炉心損傷事故(CDA)の独自解析を実施
 - ⇒ BN600プラントの炉心・原子炉容器構造の特徴を踏まえて、熱・機械的な事故影響を原子炉容器内に格納できるシナリオを構築する上で重要な設計上のキーポイントを明確にした。2001年度ロシア側へ伝達し、今後実施されるロシア側の解析では、日本側評価結果を踏まえた評価を実施するように要求。

目標の達成度、成果(2/2)

・ロシア側からの基盤技術に資する情報入手

①バイパック燃料の基本物性データ、及びBN600プラントの炉心・原子炉容器構造設計詳細データ

⇒ 日本側安全解析コードSAS4Aのバイパック燃料モデルの改良、及び日本側CDA評価結果の見直しに反映した。

②安全解析で使用されたロシア側の安全解析計算モデルに関する情報

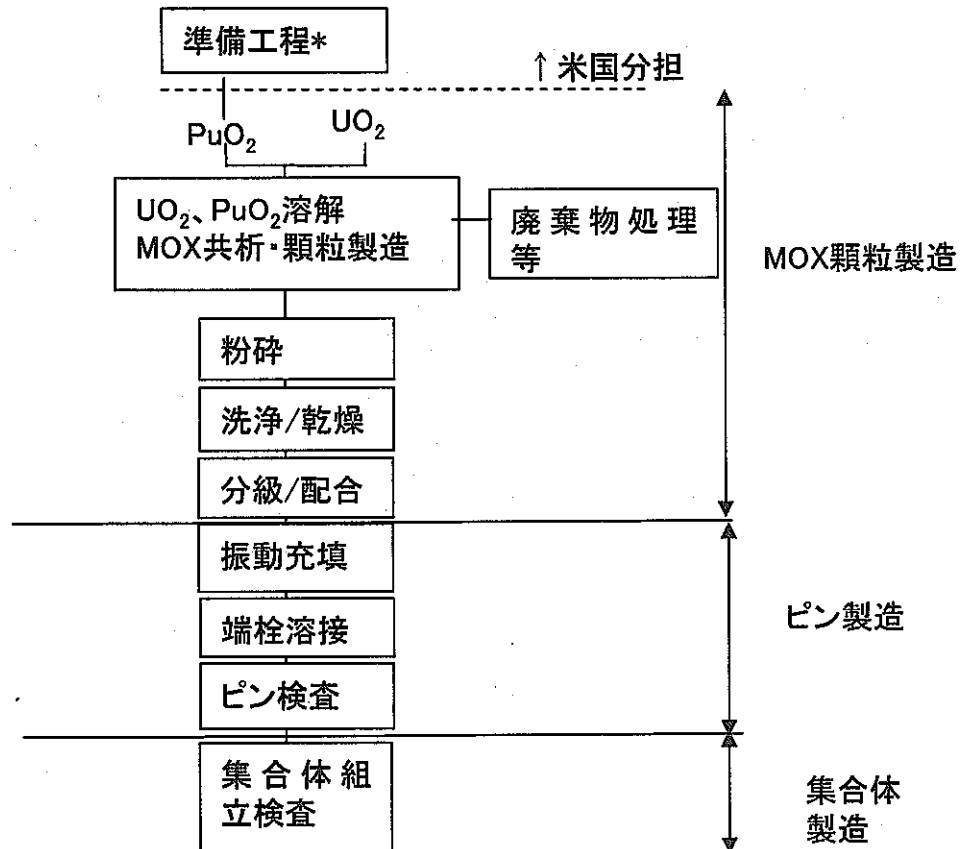
③安全解析事象の許認可上の位置づけと判断基準

課題と今後の展開

- 2002年度及び最終2003年度計画のロシア側安全評価項目の実施を推進する。
- ロシア側より入手したハイブリッド炉心特性、及び原子炉容器系構造設計詳細データを使用して、これまでの日本側評価を見直すと共に、ロシア側CDA評価の妥当性をチェックし、課題を指摘して、対応を要求して行く。
- 日米露欧安全性専門家会議を開催してロシア側評価結果をレビューし、BN600プラント安全確保の国際的合意形成を目指す。
- なお、未実施の米国分担分に関しては、米・露・日3ヶ国間で対策を協議する。
- ロシア側安全評価結果の報告書から得られる①バイパック燃料の安全性知見②ロシア側の安全解析手法③ロシアの許認可安全解析の考え方と安全基準、に関する有用な情報を基盤技術開発のためのデータベース拡充に役立てる。

RIAR施設整備(1/6)

RIAR施設整備の概要



○MOX顆粒製造ライン、ピン製造ラインを既設セル内に新設し年間0.3トンのプルトニウムをMOX燃料に加工できる施設とする。

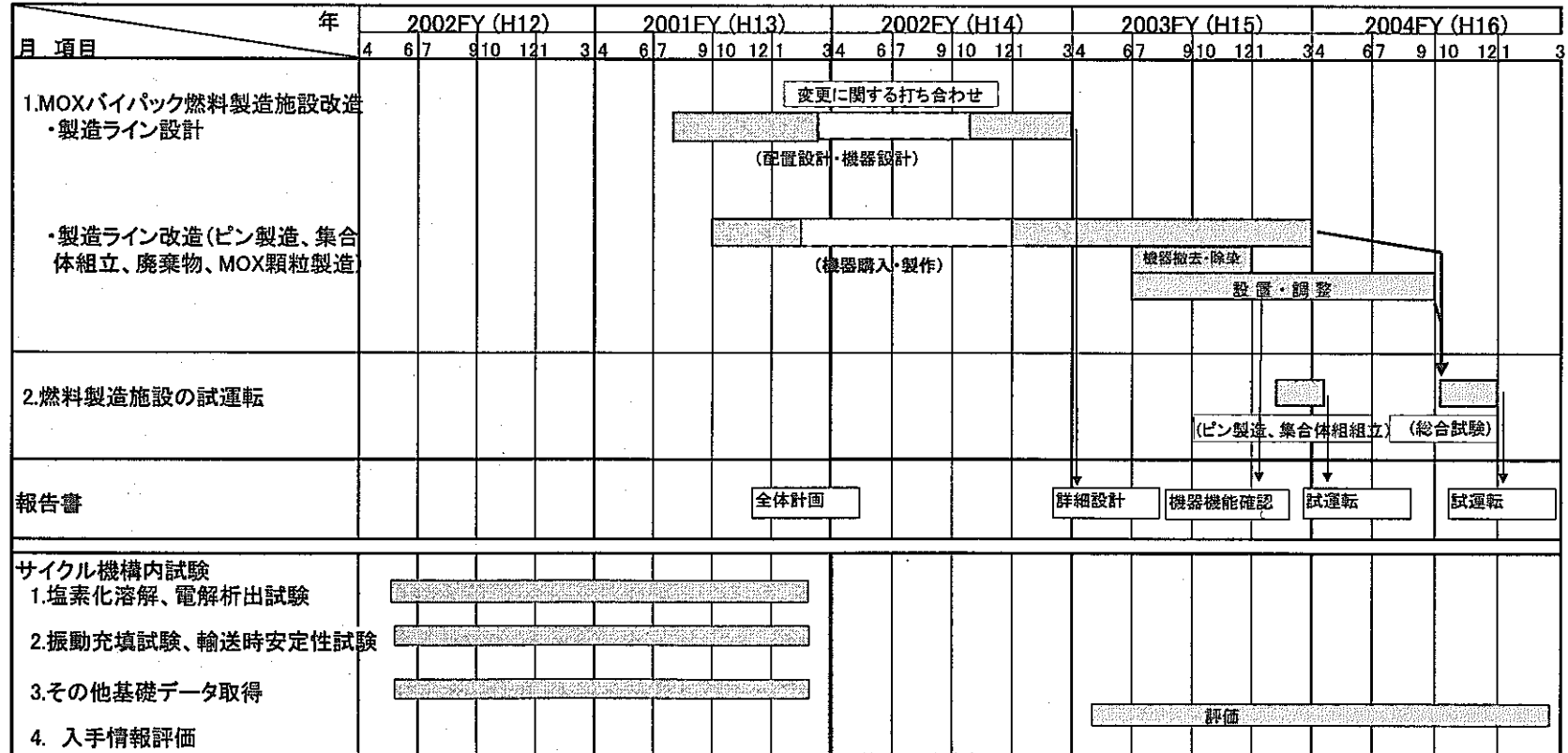
○本施設でMOXバイパック燃料を1体製造し、施設機能の確認をおこなう。

○実用化戦略研究に資する施設情報、試運転情報入手する。また施設安全に関する情報も入手する。

*準備工程(金属プルを酸化物に変換する工程)については核兵器情報に関係する恐れがあるため米国分担

RIAR施設整備(2/6)

施設整備スケジュール



契約調整等により、施設完成が1年3ヶ月(H16.12月末)遅れる予定

目標の達成度、成果

(目標の達成度)

- ・契約調整等により施設改造の設計が遅延したが、現在最終的な設計段階に入っており、一部機器の購入を開始した。またUO₂ベースの基礎試験を実施し、バイパック燃料の顆粒製造、充填条件等のデータをFSに提供した。

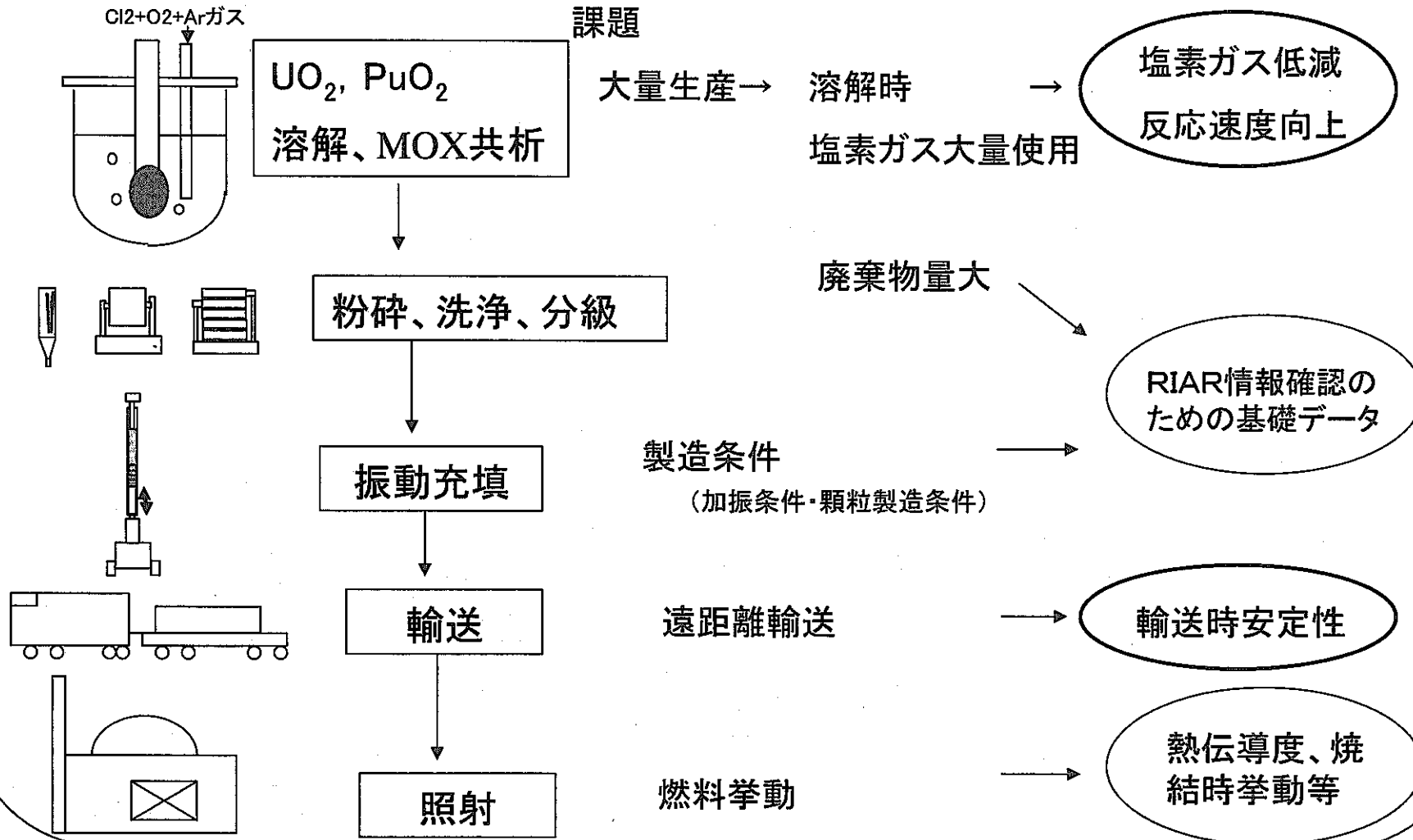
(成果)

- ・施設設計(配置設計)を行い、一部機器の購入を行った。
- ・施設安全性に関するロシア国内法規を調査し、設計の適合性の確認を行った。
- ・国内関連R&Dでは顆粒製造における塩素ガスの反応効率の向上、均一・高密度のバイパック燃料製造条件の明確化、輸送時安定性確認、廃棄物処理システムの基礎データ取得を行い、FSの評価に資するデータを提供した。

RIAR施設整備(4/6)

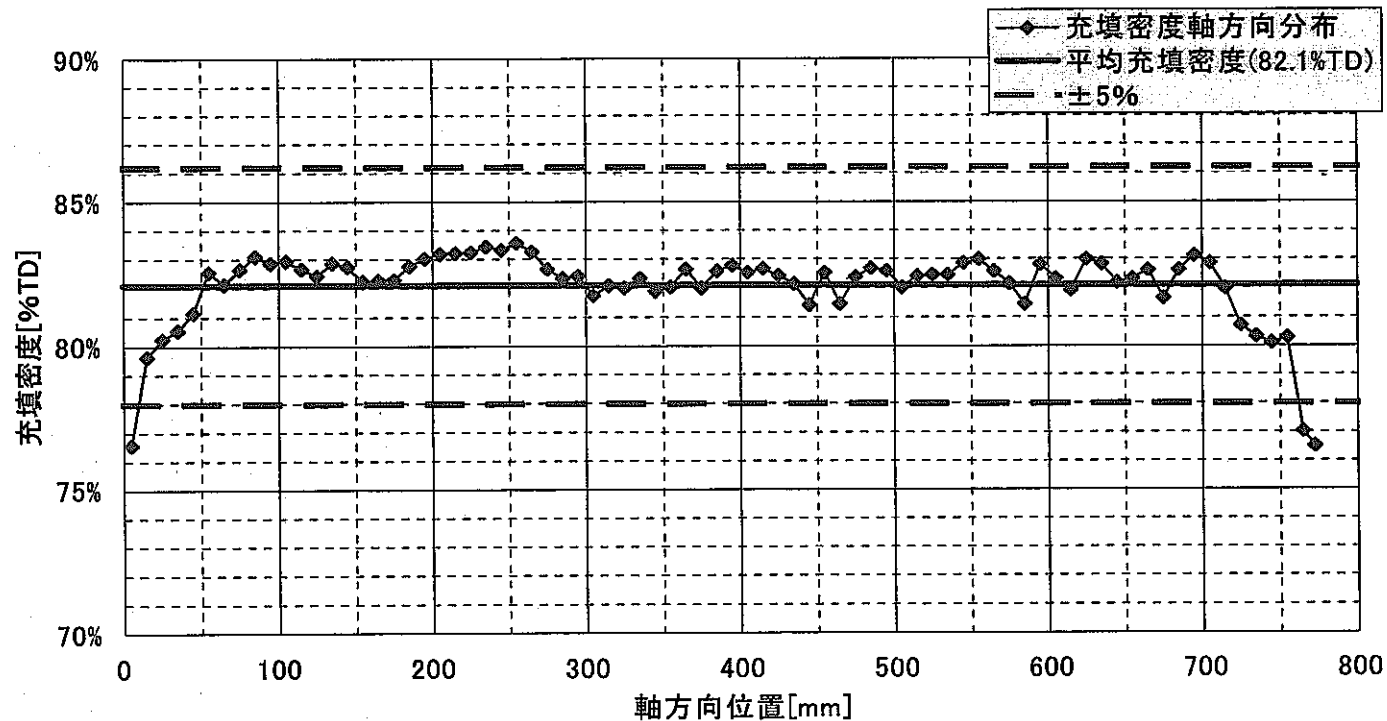
本バイパック燃料製造工程について安全性・健全性評価のための基礎データを酸化ウランベースの試験で取得。

国内(サイクル機構内)の関連研究



バイパック燃料製造技術

バイパック燃料製造技術 (均一・高密度の燃料製造に関する情報)
電解析出UO₂顆粒(不定形)を用いて加振条件(加速度、周波数等)、顆粒粒径分布、装荷方法等の検討を行い、平均充填密度80%、軸方向密度分布偏差±5%以内(上下端除く)を達成。電解析出顆粒の充填について見通しを得た。



課題及び今後の展開

- ・ 2003年度にはピン製造ライン、2004年度には顆粒製造ラインを完成させ試運転により機能確認を行い、これらの情報を報告書として入手する。
- ・ RIARからの機器設計情報、試運転情報に基づきMOXでのバイパック燃料製造条件についての情報を入手し評価を行う。UO₂ベースでの国内研究の結果と合わせてFSの乾式再処理に対応したバイパック燃料技術の成立性検討に提供する予定。

研究開発状況のまとめ(1/2)

(1)ロシア許認可への支援、バイバックオプションの推進

- ・他のオプションに先駆けて有意量(～20kg)の解体プルを処分。
- ・バイバックオプションの実現性を実証。本オプションはG8の場に提案されている。
- ・ロシアの研究機関との間で協力の枠組み、今後の協力の基礎を構築。

(2)高速炉リサイクルシステム研究開発への寄与

- ・3体デモ照射により、高速炉でのバイバック燃料燃焼を実証。
- ・バイバック燃料の製造技術・燃焼挙動評価について、FSの評価に活用できるデータの取得。
- ・高速炉の設計高度化のための基盤的な技術開発へ反映できるデータの入手。

研究開発状況のまとめ(2/2)

(3)課題と今後の展開

- ・ロシア側の作業の妥当性確認 ⇒ 許認可の支援を行う。
- ・BN600プラント安全性について、国際的コンセンサスを得る。
- ・年間50体規模のバイパック燃料製造施設改造に貢献する。
- ・バイパック燃料製造技術の取得、燃焼挙動評価の確立等を通じ情報をまとめ、FSの検討に反映する。
- ・臨界試験、炉心・燃料設計、安全性、経済性評価等の情報を整理し、基盤技術開発に反映する。

成果の公開

	発表先	時期	件数	備考
発表・報告	国際核物質政策 フォーラム	1999.6~2002.7	4回	米国モニター社主催。解体プル、高濃縮ウランの処分をはじめ、核不拡散に関する幅広い分野を対象。米露の政府関係者、産業界、大学関係者を中心に仏独英加日等が参加。
	JNC 原子力利用国際 フォーラム	1999.2~2001.2	3回	保障措置、核不拡散、解体プル処分に関するサイクル機構の活動を報告。日本の産官学関係者を中心に関係諸国の代表を招聘。
	国際炉物理専門家会議 (PHYSOR)	2002.10	2件	
	国際核データ専門家会議 (ND2001)	2001.10	1件	
	米国原子力学会	2001年年会	1件	
	日本原子力学会	2000年秋~2002年秋	22件	2001年春、2002年春は特別セッションで総合報告を実施。
論文・公開文献	プレス	解体プル処分の国際的動向、ハイバックアップの一般状況についての報告。また、フェーズ1の契約締結、3体デモ照射の照射完了、プルMOXコスト評価の完了等節目毎にプレスに掲載されている。		
	日本原子力学会誌	Vol. 44, No6 (2002)	1件	日本原子力学会発刊
	Plutonium	No. 35 (Autumn 2001) No. 38 (Summer 2002)	2件	(社)原子燃料政策研究会発刊
	S&T	2002.10	1件	(財)科学技術広報財団発刊
	サイクル技報 さいくる	No. 14 (2002.3) No. 12 (2002)	1件 1件	サイクル機構発刊