

## 高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発の事前評価について

平成21年12月15日

日本原子力研究開発機構

次世代原子力システム/核燃料サイクル研究開発・評価委員会

「次世代原子力システム/核燃料サイクル研究開発・評価委員会（研究開発・評価委員会）」は、日本原子力研究開発機構（原子力機構）から「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等に基づき「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」<sup>注）</sup>に関する事前評価を諮問された。本資料は、この諮問を受け研究開発・評価委員会が答申した評価結果を説明するものである。

注）「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」とは、「もんじゅ」を用いて実施する研究開発、及び、それを支援・補完するものとして「もんじゅ」以外の場で実施する研究開発の両方を合わせた研究開発全体を指している。

### 1. 評価の経緯

- 原子力機構は、性能試験開始に先立ち、「もんじゅ」から得られるデータを解析・評価し実証炉・実用炉に繋げていくための具体的な研究開発計画、及び、「もんじゅ」を高速増殖炉実用化に向けた研究開発の場として活用・利用を図るための研究開発計画を策定し、それらの計画が効果的、効率的に実施できるように、体制などについて整備を進めてきたとしている。
- これらを踏まえ、平成20年11月7日、原子力機構理事長より、「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」について、研究開発・評価委員会に評価が諮問された。
- これを受け、研究開発・評価委員会は、2015年以降を含む長期に亘る計画を念頭に置いた上で、2015年度までの研究開発計画に係るプロジェクトレビュー（技術的評価）、及び研究開発体制等に係るマネジメントレビュー（大局的評価）を実施した（プロジェクトレビューについては、専門家からなる作業会を設けて技術的な観点からの評価を実施した）。
- 研究開発・評価委員会のメンバー及び開催実績を（資料1 添付1）に示す。

### 2. 評価結果

- 研究開発・評価委員会は平成21年11月5日に原子力機構理事長へ、以下の評価結果を答申した。なお、答申書は（資料1 添付2）に、その評価結果である答申の概要は（資料1 添付3）に示す。

○（評価結果の概要）

- ・ マネジメントについては、2015 年までの原子力機構における研究開発体制等の枠組み及び運用方法は準備されていると評価する。
- ・ プロジェクトについては、2015 年までの研究開発計画の内容として必要な重要技術事項が包含され、さらに、長期に亘る研究開発を 5 年程度で区切りその都度チェックをしていく進め方を採用しており、技術的に十分検討された研究開発計画であると評価する。
- ・ ただし、いずれについても、いくつかの留意点を指摘し、研究開発が一層効果的に実施され、より良い研究開発成果が生み出されることを期待することとした。

以 上

## 1. 次世代原子力システム／核燃料サイクル研究開発・評価委員会の構成

委員長	森山 裕丈	京都大学原子炉実験所所長
委員長代理	二ノ方 壽	東京工業大学原子炉工学研究所教授
委員	石井 保	原子力システム研究懇談会
(五十音順)	井上 正	電力中央研究所首席研究員
	大熊 和彦	東京工業大学統合研究院 イノベーションシステム研究センター特任教授
	芝 剛史	ウィングパートナーズ（株）代表取締役
	東嶋 和子	科学ジャーナリスト
	戸田 三朗	東北放射線科学センター理事
	中村 裕行	日本原燃（株）再処理事業部再処理計画部長
	藤井 靖彦	東京工業大学名誉教授（平成21年3月まで）
	堀池 寛	大阪大学大学院工学研究科教授
	松井 恒雄	名古屋大学エコトピア科学研究所長・教授
	松本 史朗	独立行政法人原子力安全基盤機構 技術顧問
	八木 秀樹	東京電力（株） 原子力設備管理部 次世代炉開発グループマネージャー

## 【炉システム作業会】

主査	二ノ方 壽	東京工業大学原子炉工学研究所教授
作業会メンバー	松井 恒雄	名古屋大学 エコトピア科学研究所教授
	堀池 寛	大阪大学大学院工学研究科教授
	八木 秀樹	東京電力（株） 原子力設備管理部 次世代炉開発グループマネージャー
有識者メンバー	和泉 啓	日立GEニュークリア・エナジー株式会社 原子力技術本部 技術主管
	河北 孝司	三菱FBRシステムズ株式会社 取締役
	山崖 佳昭	アジア・イノベーション・イニシアティブ 株式会社（AII） プリンシパル・インベスティゲーター

## **2. 委員会開催実績**

### **委員会開催**

第1回目：H20年12月3日

第2回目：H21年9月3日

第3回目：H21年10月30日

### **作業会開催**

第1回目：H21年1月29日

第2回目：H21年7月30日

第3回目：H21年10月8日



2 0 原 機 ( 次 ) 0 3 8  
平 成 2 0 年 1 1 月 7 日

研究開発・評価委員会  
(次世代原子力システム/核燃料サイクル研究開発・評価委員会)  
委員長 森山 裕丈 殿

独立行政法人 日本原子力研究開発機構  
理事長 岡崎 俊雄



研究開発課題の事前評価について ( 諮問 )

「研究開発・評価委員会の設置について」(17(達)第 42 号) 第 3 条第 1 項に基づき、次の事項について諮問いたします。

〔諮問事項〕

- ・ 「高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発及びこれに関連する研究開発」に関する事前評価

以 上





## 評価結果(答申書)

平成21年11月5日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構  
理事長 岡崎 俊雄 殿

研究開発・評価委員会  
(次世代原子力システム／核燃料サイクル研究開発・評価委員会)

委員長 森山 裕丈



### 研究開発課題の評価結果について（答申）

当委員会に諮問〔20原機（次）038〕のあった下記の研究開発課題の事前評価について、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

「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」

以上

# 次世代原子力システム・核燃料サイクル研究開発・評価委員会答申書

## 「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」 の評価結果（事前評価）

### 答申書

高速増殖炉サイクルは、「環境と経済の両立」等の政策目標の実現に貢献する技術として、国の総合科学技術会議において、第3期科学技術基本計画の“国家基幹技術”と位置付けられており、さらに、高速増殖原型炉「もんじゅ」は、原子力政策大綱において、高速増殖炉サイクル技術の研究開発の中核とされている。

「もんじゅ」は1995年の2次系ナトリウム漏えい事故以来、長期間に亘り運転を停止している。しかし、その間安全性の更なる向上を目的とした改造工事や、「もんじゅ」運転管理を行う拠点「高速増殖炉研究開発センター」（以下、「FBR 研究開発センター」という。）における組織・体制の見直しや改善が図られてきた。これらの努力により、現在、運転の再開に向けた準備が進められている。

一方で、高速増殖炉の実用化に向けて、「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」（以下、「FaCT」という。）が進行しており、「もんじゅ」の設計や運転に関する知見を、FaCTへ提供することが、重要となってきた。

このため、日本原子力研究開発機構（以下、「機構」という。）は、「もんじゅ」から得られるデータを解析・評価し実証炉・実用炉に繋げていくための具体的な研究開発計画及び「もんじゅ」を高速増殖炉実用化に向けた研究開発の場として活用・利用を図るための研究開発計画を策定し、またそれらの計画が効果的、効率的に実施できるように、機構内の体制などについて整備を進めてきた。

この状況の下、次世代原子力システム・核燃料サイクル研究開発・評価委員会（以下、「研究開発・評価委員会」という。）は、「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」について評価を行った。本件は開始直前にある研究開発計画を対象とした事前評価であるが、今後引き続いて実施される中間評価を支える骨格であり、今後の評価を有効に活用するための基盤を成すものである。

本研究開発計画は2015年以降を含む長期に亘る計画であるが、今回は2015年までの計画を対象として評価した。評価は、マネジメントレビューとして研究開発を行う体制や管理のあり方などに関する大局的評価と、プロジェクトレビューとして研究開発計画に関する技術的な評価とからなる。



評価の結果、マネジメントについては、2015 年までの機構における研究開発体制等の枠組み及び運用方法は準備されていると評価する。またプロジェクトについては、2015 年までの研究開発計画の内容として必要な重要技術事項が包含され、さらに、長期に亘る研究開発を 5 年程度で区切りその都度チェックをしていく進め方を採用しており、技術的に十分検討された研究開発計画であると評価する。ただし、いずれについても、本研究開発・評価委員会はいくつかの留意点を指摘する。

「もんじゅ」が運転を再開し得られるデータを十分に活用して実証炉・実用炉につながる成果を上げるとともに、燃料開発等のための照射場を提供していくことは、世界の高速増殖炉の研究開発にとり必要不可欠である。本研究開発・評価委員会が指摘した留意点を取入れることにより、研究開発が一層効果的に実施され、より良い研究開発成果が生み出されることを期待する。

## I. マネジメントレビュー

### [総論]

「もんじゅ」は、我が国初の発電設備を備えたナトリウム冷却高速増殖炉として、自主技術により開発された原型炉である。その使命は、ナトリウムを使った水-蒸気発電技術の確立及び各種ナトリウム機器等の実際の高速増殖炉での運転データの取得等を実現し、経済性の実証を目的とする実証炉の設計・運転に信頼性の高いデータ等を提供し当該作業に活用することである。「もんじゅ」については、原子力政策大綱において、早期に運転再開し、「発電プラントとしての信頼性の実証」と「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」とを10年程度以内を目途に達成することとされている。

上記の使命を達成するための研究開発（プロジェクト）は、「もんじゅ」における研究開発及びこれに関連する研究開発からなり、次世代原子力システム研究開発部門及びFBRプラント工学研究センター（以下、両者を合わせて「研究開発部門」という。）において推進することになる。一方、当該研究開発のマネジメントは、研究開発部門のマネジメントと研究開発の道具としての「もんじゅ」運転管理を行うFBR研究開発センターのマネジメントとで構成されている。

本来、マネジメントレビューとは、プロジェクトのマネジメントが活動中にあるものを対象とし、マネジメントが持っている自己評価システムの健全性等を評価するものであるが、本研究開発は活動を開始する直前の状態の事前評価段階にあるため、本研究開発・評価委員会では、マネジメントレビューとして「もんじゅ」運転再開後の研究開発を実施するためのマネジメントの仕組みを評価した。なお、FBR研究開発センターのマネジメントについては国が評価を行い、運転再開に向けてマネジメントの改善が進んでいるとの評価が与えられていることに鑑み、本研究開発・評価委員会としては研究開発部門のマネジメントを評価対象とした。

機構の説明によると、運転再開にあたり上述の「もんじゅ」の持つ使命を達成するための研究開発のマネジメントについて、国家プロジェクトとしての遂行と長期に亘る研究開発に対する柔軟性のある体制の構築、高い専門性を備えた人材の確保、原子力情報の管理及び品質マネジメントの観点から体制や仕組みを整備したとしており、その概要は次の通りである。

国家プロジェクトとしての遂行については、国の関係機関との協議により基本的

な方向性を一致させ、外部の意見も取入れながら一元的に推進できる体制を整えたとしており、また、柔軟性のある組織体制については、「もんじゅ」の運転に関する情報が研究開発部門に直接流れ同部門で管理できる体制を整えるとともに、研究開発部門は「もんじゅ」の運転に係わる課題について、「もんじゅ」運転管理を行う FBR 研究開発センターと一体となって解決を図ることとしている。さらに、組織の運営に当たっては、経営トップの考えや方針を研究開発現場の隅々まで周知させ、また研究開発現場の情報や課題を経営トップにきちんと上げていく仕組みとして、研究開発計画の立案、実施、評価及び改善活動（PDCA 活動）を適用している。

人材の確保については、開発が長期に亘ることから、世代を越えた人材育成と技術継承の方法も重要と考えており、さらに“プラント運転現場”を良く理解している研究者を育成する方針を示している。

また、原子力情報である研究開発成果情報の取扱いについては、国民や世界に対して積極的に情報を公開することを原則とする一方、国民の知的財産を守り、また高速増殖炉開発における国際的な優位性を確保するとの観点から、核心的な技術については情報管理も必要であるとしている。

さらに、研究開発における品質マネジメントにおいては、研究開発の段階（基礎、応用、開発）に応じて、品質保証のための適切な管理項目を適用することとしている。

本研究開発・評価委員会は、「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」のマネジメントに関する上述の機構の説明内容について審議し、事前評価を行った。事前評価では、研究開発を推進する体制とその運営方法が整備されていることを評価するために、研究開発部門と機構外部との関係、研究開発部門の運営に関する内部構造、研究開発を実施する上で要となる専門性の高い人的資源のマネジメント、外部に研究結果を公表する仕組み及び当該研究結果の品質を保証する品質マネジメントに着目し、評価の視点を「①組織体制及び外部機関との連携」、「②機構における PDCA 活動と意思決定」、「③要員確保と人材育成・技術継承」、「④国際協力、情報管理」及び「⑤品質保証」という五つのカテゴリーに分類して検討を実施した。なお、本研究開発・評価委員会の評価の視点は、今後のプロジェクトの進捗と組織・制度・運営の状況を鑑みて、評価の都度確認する。

評価の結果、「もんじゅ」の使命を達成するための 2015 年までの機構における研究開発体制等の枠組み及び運用方法は準備されていると評価する。本研究開発・評価委

員会としては、機構が考えているマネジメントが今後確実に機能することが重要と考えており、この観点から、留意すべき事項を指摘した。次節の各論において、その留意点を述べる。

## [各論]

### 1. 組織体制及び外部機関との連携

機構は、「もんじゅ」の運転から得られるデータの解析・評価を行い、実証炉・実用炉の設計、建設、運転、保守・補修に反映させるために必要な研究開発を行う組織として敦賀地区に新たに「FBR プラント工学研究センター」を発足させた。そして、FBR プラント工学研究センターと、「もんじゅ」運転管理を行う FBR 研究開発センターの一体となった協力・推進体制を構築してきている。また、研究開発部門と他の部門や拠点とが、高速増殖炉サイクル技術開発を共に一元的に推進する体制として「FBR サイクル技術プロジェクト推進会議」を組織している。さらに、大学、研究所等の外部機関との連携も計画している。

本研究開発・評価委員会は、「もんじゅ」における研究開発を進めるための組織体制が整備されていると評価するが、これを今後確実に機能させ研究開発目標が達成できるように、その運用において留意すべき事項を以下に指摘する。

- (1) 長期に亘る取組みでは、研究開発計画の見直しを行うフィードバック体制の設計と運用が重要であり、様々な内外評価を勘案し、適切にチェック機能を働かせる体制を設計することが重要である。
- (2) 一元的推進体制の組織的な設置を重視していることは評価できる。その上で、全体を機動的に柔軟に統括するために、意思決定の妥当性を確保するための助言・補佐・支援の各機能を整備し、研究開発現場と経営トップの関係を密にすることが必要である。
- (3) 「次世代原子力システム研究開発部門」、「FBR プラント工学研究センター」及び「FBR 研究開発センター」が協力してその役割を連携分担し運営する形態では、業務内容の重複や抜けを生じないように注意し、その責任と連携の体制に十分留意する必要がある。

### 2. 機構における PDCA 活動と意思決定

機構は、PDCA 活動を担保する基本的枠組みを作っており、その管理システムも定着しつつあると認められる。従って、今後は PDCA 活動が実質的に機能していることを定期的にチェックしていくことがポイントとなる。特に、その評価ではできる限り客観性を持たせた自己評価、あるいは外部の専門家による評価が行われなければな

らない。

ここでは、PDCA 活動を行う上で重要な要素である関係者間の意思伝達のあり方と PDCA を回すタイミングについて、留意すべき事項を述べる。

## 意思伝達

- (1) 経営トップの意思を研究開発現場に周知するには、一般に経営トップと研究開発現場とのコミュニケーションが大切であることに鑑み、先ず、「FBR サイクル技術プロジェクト推進会議」の議長と次世代原子力システム研究開発部門長とが頻繁にコミュニケーションをとるとともに、研究開発部門内での意思疎通の徹底を図るという原則を守り続けることである。
- (2) 機構では中期計画、年度計画を定め、これを出発点として PDCA を回しているが、経営トップはそれを単に提示するだけではなく、策定経緯の説明、疑問や不満に応える姿勢、及び目標達成のための決意を表明し続ける必要がある。
- (3) 経営トップは研究開発現場の声を正しく捉えることも重要である。特に研究開発現場での失敗経験や潜在的なリスク事項などの情報を、運営管理部門や経営トップは的確に把握しなければならない。そのために、研究開発現場から当該情報が確実に伝達される工夫が必要である。
- (4) 研究開発現場においては、実施責任者とその従事者との間の連携及びコミュニケーション、並びに関連課題の責任者同士の連携も十分に確保すべきである。

## PDCA サイクル循環時間

- (5) PDCA サイクルの循環時間は、年 2 回のヒアリングなどを基本としても、研究開発計画の中にはもっと短期間でチェックすべき項目、あるいは逆にもっと長期間要する項目もある。各項目の状況、環境等の変化が PDCA サイクルの循環時間に影響を与えることもあり得るので、例えば研究開発の進展で一部の遅滞が全体の遅滞を引き起こすことの防止などのためにも、状況の変化を常に把握し、PDCA サイクルの循環時間を柔軟なものとして機能させるべきである。そのためには、結果が出る前に、研究開発の状況、傾向、今後の見通しについて、適宜報告させることも検討すべきである。

## 3. 要員確保（計画）と人材育成・技術継承

機構は要員確保や人材育成に関して、様々なアプローチを実施してきている。部門

間の人的交流の観点では、2つのセンター（FBR プラント工学研究センター、FBR 研究開発センター）の兼務は人的交流がスムーズに進む方策として有効であり、“プラント運転現場”に精通する研究者の積極的な育成の点からも有意義な試みである。また、本研究開発・評価委員会は敦賀と大洗の人材交流も有意義であると評価する。さらに、大学へ講師を派遣し、定年退職者を技術コンサルタントとして若年の研究者を支援しており、本研究開発・評価委員会は、これらは人材育成・技術継承に対して有効であると評価する。ただし、その際に、留意すべき事項を以下に述べる。

- (1) 機構内他部門・他機関・他国あるいは他分野との交流効果も人材育成上大きいと思われるので、積極的に交流を行うことが望ましい。
- (2) 計画的に人材育成、技術継承を行うためには、研究開発をいくつかの単位に分割し階層的に構造化した作業分割構成体系（WBS）を活用して技術項目毎に必要な人員を定量化し、人材育成が可能な場を明らかにすると共に、スケジュールや費用を考慮して、関係機関を含めた方策実行の仕組みを整えておくことが重要である。
- (3) 人材育成・技術継承のために機構内の能力・キャリア開発のプログラムを整備するとともに、明示化させたキャリアパスモデルの構築を検討すべきである。
- (4) 先の長い高速増殖炉研究開発全体を効率的に進めていくには、人材育成について日本全体としての裾野を広げることが重要である。「もんじゅ」という恵まれた資源を活用し、機構内部だけでなく、我が国全体の若手の育成に寄与していくことが望ましい。

#### 4. 国際協力と情報管理及び情報発信

機構は、日米仏の三国間協力を基軸として、多国間協力を活用しつつ、国際協力を進めるとともに、国際協力での情報管理の体制及び考え方を整えたとしており、本研究開発・評価委員会は適切な情報管理システムが整えられていると評価するが、その際に、留意すべき事項を以下に述べる。

- (1) 国際協力に関しては、高速増殖炉サイクルを共に開発していく国々において、相互の情報の価値を多元的に評価するとともに、短期的な評価にとらわれず中長期の互恵的な視点に基づいた価値評価も行い、柔軟に対応することが求めら

れる。その一方で、国際的な牽引役としての戦略上の観点から、また安全保障上の制約からも、その情報開示には慎重な対応が求められる。日本が高速増殖炉開発における国際的優位性を確保するために、我が国の強み、核心となる技術を特定し、その開示は慎重にするべきである。この相反する要件を両立させるために、機構は、研究開発情報を提供する場合の機構内の具体的手順を定めており、今後この仕組みを円滑に機能させる努力が求められる。

- (2) 「もんじゅ」の情報は、高速増殖炉に関心を持つ全世界の人々が注目していることから、しかるべき情報管理の仕組みに基づいて適切に情報発信を行うことが望ましい。例えば、機構外部の専門家に対して研究のニーズを発信して連携をとることは、高速増殖炉の研究開発上効果的、効率的であり望ましい。
- (3) 原子力利用システム全体の社会的受容性の観点から、「もんじゅ」の着実な成果とともに高速増殖炉の開発の必要性を、研究開発部門は常に国民に発信していくべきである。この場合、双方向のコミュニケーションを確保すべきであり、非公開情報以外は広く国民に供すると言う前提で、本研究開発に関し、責任あるコミュニケーターを育成し、継続してコミュニケーションの役割を担わせるべきである。
- (4) 学術的成果については、特に英文による公開に心がけ、海外に「平和利用に徹した我が国の高速増殖炉」の存在感を示すべきである。

## 5. 品質保証

機構は、研究開発の品質マネジメントにおいて、研究開発の段階に応じた品質保証の要求レベルを設定しており、本研究開発・評価委員会はこれらを研究開発成果の信頼性確保に対する一定の考え方として評価する。

ここでは、機構の提示している研究開発に対する品質マネジメントの考え方に基づき、その実施や運用において留意すべき事項を以下に指摘する。

- (1) 個々の研究開発のどの段階に対してどのように要求設定をするのか、管理・検証項目を適切に設計し、運用することが重要となる。具体的な実施事項の設定に当たっては当該品質保証の妥当性を第三者に対して説明できる内容でなければならない。
- (2) 研究開発における品質マネジメントの運用実績はこれまで、他分野を含め実施



例がほとんど見られない。研究開発分野における品質マネジメントを開拓するという意識をもって、定式化と試行学習を重ねる対話体制が不可欠と思われる。例えば、品質保証の形骸化・空転化を防止するために、定期的に研究開発現場の受け止め方について調査し、改善課題の提起を受ける体制を整備することが重要である。

## 6. その他

最後に、以上述べてきた5つの視点以外で、関係者が留意すべきことを付言する。

- (1) 事前評価は、今後の中間評価を支える骨格であり、評価全体を合理的に運用するための基盤となるものである。今回の評価及び得られた意見をもとに、できるだけ全体的かつ先見的にプロジェクトのマネジメント課題を分析した上で、モニタリング・評価内容を整理して、早期に問題を発見し対応することが重要である。
- (2) 機構の業務を的確に推進するために、様々な評価が実施されているが、これらの体制・仕組みは本来研究開発活動の活性化に結びつくものでなければならぬ。いわゆる評価疲れを起こさないように、関連評価体系を整序し、適切な評価方法・資料の簡素化、統一化を進めるとともに評価対応のための人員配置にも配慮すべきである。
- (3) 「もんじゅ」を研究開発の道具として活用し、世界の開発拠点として発展させるためには、所期目的としての「発電プラントとしての信頼性の実証」と「ナトリウム取扱技術の確立」である着実な運転と信頼性の実証が順調に達成されることが必要であり、安全な運転が継続されることが次の高速増殖炉の開発に大きく寄与し、貴重なデータベースを提供することになると考えるべきである。

## II. プロジェクトレビュー

### [総論]

「高速増殖原型炉『もんじゅ』における研究開発及びこれに関連する研究開発」に関する事前評価を行うために、本研究開発・評価委員会は機構から「もんじゅ」運転再開後の研究開発計画及びその進め方の技術面における説明を受けた。

機構の説明によると、本答申書「I. マネジメントレビュー [総論]」の冒頭に記した「もんじゅ」の持つ使命を達成するために、「もんじゅ」の研究開発を「発電プラントとしての信頼性実証」、「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」及び「FBR実用化に向けた研究開発の場としての活用・利用」の3つの体系に分類している。まず、本格運転開始後、10年程度以内を目途に「発電プラントとしての信頼性実証」として、運転データの蓄積、安全・安定運転の達成及び運転データに基づいた高速増殖炉の設計技術評価を行うとともに、「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」として、ナトリウムの管理技術及びナトリウムを用いたプラントの保全技術の確立並びにナトリウム機器等のデータベース構築を行う。さらに、「FBR実用化に向けた研究開発の場としての活用・利用」を進めるために、次期高度化炉心への移行を行うための計画等を立案するとするものである。

本研究開発・評価委員会は、機構の説明を基に、当該研究開発計画の審議を行い、「もんじゅ」運転再開後2015年までの研究開発方法、期待される成果の内容及び「もんじゅ」の性能試験成果の実証炉への反映方法について、技術的な観点から評価を行った。

評価の結果、2015年までの研究開発計画の内容について上述の「もんじゅ」の使命を達成するために必要な重要技術事項が包含されていることを確認した。また長期に亘る研究開発を5年程度で区切りその都度チェックをしていく進め方を採用しており、技術的に十分検討された研究開発計画であると評価する。ただし、本研究開発・評価委員会は、審議において、幾つかの提言や注意すべき事項を指摘しており、その留意点を以下に記載する。

- (1) 研究開発の実施においては最新の科学技術の知見を常に取り入れる努力を行い、その反映先として次の実証炉を念頭に置くこと。
- (2) 「もんじゅ」の設計技術評価を行うにあたり、「もんじゅ」において取得され

たプラントデータに基づいて、適用された設計手法及び設計余裕の妥当性を定量的かつ客観的に検証して示すとともに、設計手法改善方策があればその明確化を図ることにより、実証炉・実用炉の合理的な設計作業に活用することが可能となる。当該設計技術の評価は、ナトリウム漏えい事故により「もんじゅ」が停止しているため、完了していない。したがって、本評価期間においては、「もんじゅ」の設計技術評価の集大成とするべく、性能試験及び原型炉技術評価を行うために、研究開発部門はその力を本評価に集中すること。

- (3) Living PSA等リスク情報を活用した設計、保守・補修技術等の高度化及び当該技術の「もんじゅ」への適用を通じて、ナトリウム冷却高速増殖炉プラントの信頼性及び安全性向上を図ること。また、信頼性向上のために、安全上重要度が低い機器やシステムに対してもトラブルを未然に防ぐ技術を用意すること。
- (4) 「もんじゅ」は、実証炉・実用炉の寿命を60年程度あるいはそれ以上とする評価に活用できるデータを蓄積し得る重要な実際の高速増殖炉であることに鑑み、「もんじゅ」を長期間運転する意義及びそのための研究開発資源の長期にわたる投入について、社会の了解を得る努力をすること。
- (5) 「もんじゅ」の研究開発には、①プラントを合理的に運転するための研究開発、つまり運転することで明確となる改善すべき技術的事項を次の運転に反映させる活動と、②プラント設計に必要となる定量的なデータを取得するための研究開発とがあり、双方をできる限り両立させる研究開発活動を行うこと。
- (6) 燃料開発のために照射場を提供できる原子炉との観点から、燃料集合体規模の照射が可能な「もんじゅ」と多種多様な照射試験が可能な「常陽」というそれぞれの特徴を生かし、実証炉・実用炉に必要な照射データの効率的な取得を計画すること。

以上、本研究開発・評価委員会の当該事前評価に対する技術的観点から総論を述べた。

次に、前述の「発電プラントとしての信頼性実証」、「運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立」及び「FBR実用化に向けた研究開発の場としての活用・利用」のそれぞれの項目について、より具体的な提言や注意事項を各論の評価意見として述べる。

## **[各論]**

### **1. 発電プラントとしての信頼性実証**

#### **1.1 安全・安定運転の達成**

機構は、運転開始後、10年程度以内を目途にプラントの運転を通して、所期の性能が発揮されることを確認するとしている。その間、原子炉の起動・停止、定格運転、定期点検、保守、トラブル対応等の運転経験を蓄積し安全・安定運転のための技術を確立するとともに、この運転を通じて、ナトリウム冷却高速増殖発電炉としてのプラント起動停止操作、警報処置手順等の「運転手順書」及び「保全プログラム」の体系の整備を図るとしている。

特に保全プログラムについては、「保全データベース」と連携した保全活動の実施と、実証炉計画の推進に向けた「もんじゅ」の安全・安定運転の実績を積むことの重要性を考慮した計画としている。

本課題に対して留意すべき事項を述べる。

- (1) 安全・安定運転を達成してナトリウム冷却高速増殖炉の運転実績をあげることは、特にナトリウム取扱技術の実際の高速増殖炉における確立ということに繋がり、結果として高速増殖炉開発の強力な推進力となるものである。研究開発段階にある原子炉が安全・安定運転を継続する意義を常に意識する必要がある。
- (2) 保安規定・運転手順書類の体系化については、「もんじゅ」の運転経験の蓄積に伴い、ナトリウム冷却高速増殖炉としての特徴を生かしかつ経験を踏まえた合理的な運転管理の確立を目指す必要がある。
- (3) 発電プラントの保全の観点から、機器や部品の劣化データの収集、蓄積及び分析は適切かつ合理的な検査を実施するために必須である。しかし、ナトリウム冷却高速増殖炉では軽水炉のような蓄積がないことから、「もんじゅ」において着実に運転実績を蓄積し、実証炉・実用炉の合理的な保全を支える実データを取得することが重要である。

#### **1.2 性能試験**

炉心・遮へい試験27項目及びプラント特性試験90項目から構成され、建設された「もんじゅ」の特性が設計の範囲内にあることを確認するとともに、この中には定常状態での試験だけではなく、異常を模擬した試験も含まれ、プラントで異常が発生しても

計画通り安全に停止することを確認することとしている。

本課題に対して留意すべき事項を述べる。

- (1) 性能試験から得られるデータは原則として現在の「もんじゅ」に設置されている計装等で取得されるデータに限られる。それ以外のデータについては、研究開発部門は、**FBR** 研究開発センターが課されている使命の範囲内で当該データ取得について最大限の活動を行うよう **FBR** 研究開発センターと十分協議を行うべきである。

### 1.3 原型炉技術評価

最新の研究成果に基づいた汎用性のある評価手法（解析手法）に対して、性能試験で得られたデータを用いて検証を行うこととしており、これらの評価手法は実証炉以降の設計で使用されることを目標とするとしている。

本課題に対して留意すべき事項を述べる。

- (1) 原型炉技術は実証炉へ可能な限り適用されることを前提とする以上、性能試験結果を用いて原型炉技術評価を行い、その成果を実証炉・実用炉へ反映するという方法は必然でありかつ計画は適切である。ただし、その場合の解析手法は「もんじゅ」プラントシステムのみに特化したモデルに基づくものではなく、実証炉への適用が保証され得る一般性が十分に担保されたモデルに基づく手法でなくてはならない。
- (2) 原型炉技術評価で使用される最新の詳細解析コードについては、例えば3次元熱流動詳細解析コードであっても、多くの物理モデルが要求される。これらの物理モデルの適用は現象のメカニズムが既知であることが前提にあるため、解析結果の特性や制約を熟知しておかねばならない。その一方で、プラントの安全裕度をどこまで科学的・合理的根拠をもって適切に設定することができるかは、解析コードを介したシミュレーションでしか定められない。従って、原型炉技術評価で検証したコードを実証炉に適用する際には、その適用の考え方も合わせて明らかにすべきである。

## **2. 運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立**

### **2.1 ナトリウム管理技術の確立**

実際の高速増殖炉でのデータに基づき、ナトリウム中不純物除去を目的とするコールドトラップの高度化及びプラグング計の検証とともに、使用済み燃料のナトリウム洗浄処理後の廃液を減少させる技術の改良、放射性物質の冷却系内移行挙動評価コードの検証及びナトリウム漏えい検出技術の開発が行われるとしている。

本課題に対して留意すべき事項を述べる。

- (1) ナトリウム微量漏えい検出器及びそのシステムの改善、信頼性の向上については、最新の技術・知見に基づいて実施すべきところである。一方、ナトリウム漏えい検出システムが発報した時の対応については、技術的な知見を踏まえた上で透明性を確保した説明責任を適切に果たすことにより、機構外部の信頼を獲得し、それを運転経験の一つとして実証炉につなげていくべきである。

### **2.2 プラント保全技術の確立**

化学的に活性なナトリウムを用いた高温・低圧の冷却系という条件下での供用期間中検査を含む保全技術の研究開発が行われ、また高速増殖炉機器のモニタリング技術の開発が着手されるとしている。

本課題に対して留意すべき事項を述べる。

- (1) 機構の説明では、2015 年までは「もんじゅ」の運転実績を積みながら有効な保全方法、技術を広く検討し、その後、技術の選択と集中を行うとしている。しかし、保全技術を高度化し実証炉・実用炉へ適用していくためには、可能性のある技術について、2015 年以降も引き続き検討すべきである。
- (2) ナトリウム中目視検査装置技術開発で「もんじゅ」を実証に使うことを検討しておくことが重要である。

### **2.3 ナトリウム機器の技術蓄積**

設計・建設段階の設計情報や今後行われる改造等の設計データも含めた設計情報データベース、点検、保守・補修等の保全データベース及び機器信頼性を評価するための高速増殖炉機器信頼性データベースを統合し、高速増殖炉の設計者がアクセスし

やすい「もんじゅ」プラントデータベースを構築するとしている。

本課題に対して留意すべき事項を述べる。

- (1) 例えば、機器や部品の劣化データの収集、蓄積及び分析が、適切で合理的な検査を実施するために必要であることに鑑み、「総合データベース」には、実証炉・実用炉の特徴に対応して必要とされるデータを可能な限り早期に反映するように考慮すべきである。

### 3. FBR実用化に向けた研究開発の場としての活用・利用

「もんじゅ高度化」計画では、実証炉・実用炉で採用する燃料を「もんじゅ」を用いて工学規模で実証するための炉心性能の向上及び照射能力を活かすための高速中性子場としての活用が対象とされている。本評価範囲の期間では、これらを実現するために必要となる設置変更許可申請の準備がなされるとしている。

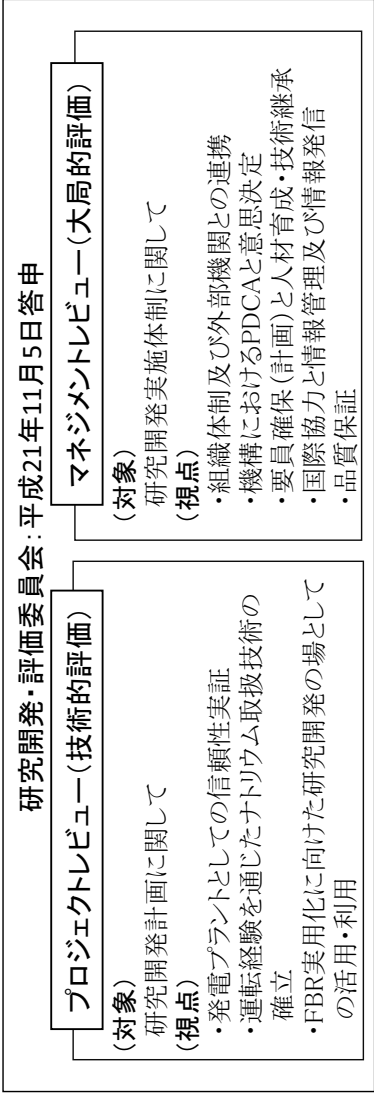
本課題に対して留意すべき事項を述べる。

- (1) 「もんじゅ」を実証炉の燃料開発の場として活用することが考えられているが、実証炉の燃料は、大幅な性能向上を目指しており、開発・実証に時間を要することが予想される。そのため、「もんじゅ」プラントの制約の範囲内で採用可能な概念は積極的に取入れ、単に照射データを取得するというレベルに留まらず、実証炉に近い燃料に段階的に近づける等して、「もんじゅ」で段階的に実用化することを検討する必要がある。
- (2) ナトリウム冷却高速増殖炉の経済性向上検討のために、ナトリウム再充填時の予熱時間の短縮、窒素置換時間の短縮、起動停止操作時間の短縮等、原子炉の稼働率の向上に結びつく技術開発を行うべきである。
- (3) 発電所としての運転上の制約の中での利活用を考えるのみでなく、例えば計装のない箇所におけるデータ取得を可能とするためのシミュレーションについて、その精度を向上させ、「もんじゅ」の運転上の制約を緩和あるいは取り除くことができる計算機上の仮想空間を提供すること、また、「もんじゅ」の長期的な健全性を判断する根拠を提供できる手段として重要である。この目的のために、世界最先端のハイエンドコンピュータによる核・構造・熱流動の計算機シミュレーションの能力を身に着けるとともに、実証炉・実用炉の設計に大幅

なシミュレーション技術を導入するための研究開発計画を検討すべきである。  
その際には、諸外国の専門家の力を結集する国際的な研究開発拠点となることも念頭に置くべきである。

以上





評価（総括）

・マネジメントについては、2015年までの原子力機構における研究開発体制等の枠組み及び運用方法は準備されていると評価する。

・プロジェクトについては、2015年までの研究開発計画の内容として必要な重要技術事項が含まれ、さらに、長期に亘る研究開発を5年程度で区切りその都度チェックをしていく進め方を採用しており、技術的に十分検討された研究開発計画であると評価する。

・ただし、いずれについても、いくつかの留意点を指摘し、研究開発が一層効果的に実施され、より良い研究開発成果が生み出されることを期待することとした。

主要な答申（指摘）

【プロジェクトレビュー】

① 研究開発の実施においては、最新の科学技術の知見を常に取り入れる努力を行い、その反映先として実証炉を念頭に置くこと。 【総論】

② 本評価期間においては、「もんじゅ」の設計技術評価の集大成とすべく、性能試験及び原型炉技術評価を行うために、研究開発部門はその力を本評価に集中すること。 【総論】

③ 安全・安定運転を達成し、ナトリウム冷却FBRの運転実績をあげすることは、ナトリウム取扱技術の実際のFBRにおける確立に繋がり、結果としてFBR開発の強力な推進力となることから、安全・安定運転継続の意義を常に意識する必要がある。 【発電プラントとしての信頼性実証】

④ 「もんじゅ」において着実に運転実績を蓄積し、実証炉・実用炉の合理的な保全を支える機器・部品の劣化データ等の実データを取得することが重要である。 【発電プラントとしての信頼性実証】

⑤ 性能試験結果を用いて原型炉技術評価を行い、その成果を実証炉・実用炉に反映する方法における解析手法は、実証炉への適用が保証されうる一般性が十分に担保されたモデルに基づく手法でなくてはならない。 【発電プラントとしての信頼性実証】

⑥ 2015年までは「もんじゅ」の運転実績を積みながら有効な保全方法・技術を広く検討し、その後、技術の選択と集中を行うとしているが、保全技術を高度化し、実証炉・実用炉へ適用していくためには、可能性のある技術について、2015年以降も引き続き検討すべきである。 【運転経験を通じたナトリウム取扱技術の確立】

⑦ 「もんじゅ」を実証炉の燃料開発の場として活用する際に、「もんじゅ」の制約の範囲内で採用可能な概念は積極的に取入れる必要がある。 【FBR実用化に向けた研究開発の場としての活用・利用】

【マネジメントレビュー】

⑧ 長期にわたる取り組みでは、研究開発計画の見直しを行うフィードバック体制の設計と運用が重要であり、適切にチェック機能を働かせる体制を設計することが重要である。 【組織体制及び外部機関との連携】

⑨ 研究開発の進展で一部の遅滞が全体の遅滞を引き起こすことの防止などのためにも、状況の変化を常に把握し、PDCAサイクルの循環時間を柔軟なものとして機能させるべきである。 【組織におけるPDCAと意志決定】

⑩ 人材育成・技術継承のために機構内の能力・キャリア開発のプログラムを整備するとともに、明示化させたキャリアパスモデルの構築を検討すべきである。 【要員確保（計画）と人材育成・技術継承】

⑪ 「もんじゅ」の情報は、高速増殖炉に関心を持つ全世界の人々が注目していることから、しかるべき情報管理の仕組みに基づいて適切に情報発信を行うことが望ましい。 【国際協力と情報管理及び情報発信】

⑫ 品質保証の形骸化・空転化を防止するために、定期的に研究開発現場の受け止め方について調査し、改善課題の提起を受ける体制を整備することが重要である。 【品質保証】