JAEA-Evaluation
2009-007

平成 21 年度　研究開発・評価報告書
評価課題「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」
（事前評価）

Assessment Report of Research and Development Activities in JFY2009
Activity:"R&D Programs on Prototype Fast Breeder Reactor Monju and its Related Activities"
(In-advance Evaluation)

次世代原子力システム研究開発部門
Advanced Nuclear System Research and Development Directorate

December 2009
Japan Atomic Energy Agency
日本原子力研究開発機構

JAEA-Evaluation

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ（http://www.jaea.go.jp）
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構　研究技術情報部　研究技術情報課
〒319-1195　茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2009

JAEA-Evaluation 2009-007

平成21年度 研究開発・評価報告書
評価課題「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」（事前評価）

日本原子力研究開発機構

次世代原子力システム研究開発部門

（2009 年 11 月 10 日　受理）

独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、「機構」という。）は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」及び機構の「研究開発課題評価実施規程」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」に関する事前評価を、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。）に諮問した。

これを受けて、研究開発・評価委員会は、本課題について、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）を行った。その結果、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した。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した。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。

本報告書は、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）が「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等に基づき実施した外部評価の結果を取りまとめたものである。

日本原子力研究開発機構 次世代原子力システム研究開発部門（事務局）

大洗研究開発センター（駐在）：〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002

JAEA-Evaluation 2009-007

Assessment Report of Research and Development Activities in JFY2009 Activity: "R&D Programs on Prototype Fast Breeder Reactor Monju and its Related Activities" (In-advance Evaluation)

Advanced Nuclear System Research and Development Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken
(Received November 10, 2009)

Japan Atomic Energy Agency (JAEA) asked the advisory committee "Evaluation Committee of Research and Development Activities for Advanced Nuclear System / Nuclear Fuel Cycle Technology" (the Committee) to assess "R&D Programs on Prototype Fast Breeder Reactor Monju and its related R&Ds" in JFY2009, in accordance with "General Guideline for the Evaluation of Government R&D Activities" by Japanese Cabinet Office, "Guideline for Evaluation of R&D in Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology" and "Regulation on Conduct for Evaluation of R&D Activities" by JAEA.

The Committee assessed the R&D Programs on Prototype Fast Breeder Reactor Monju and its related activities which last until 2015 (Project review), and the management systems and organizations of JAEA (Management review), by taking into consideration post-2015 plans. The Committee has confirmed that the R&D programs include essential items and its progress will be checked every 5 years. The Committee has concluded that the R&D programs are sufficiently planned and that management systems and organizations are well-prepared. The Committee has also suggested key factors and significant viewpoints in terms of the Project review and Management review, hoping that JAEA will create excellent R&D results for FBR.

Keywords: Monju Reactor, Evaluation Committee, Fast Reactor, FBR, Sodium-cooled FR,

---

This work has been performed based on "General Guideline for Evaluation of Government R&D Activities" by Japanese Cabinet Office, etc.

目 次

1. 概要 ---------- 1
2. 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 ---------- 2
3. 審議経過 ---------- 4
4. 評価方法---------- 6
5. 評価結果（答申書）----------9

参考資料（日本原子力研究開発機構資料）----------27

付録 (CD-ROM)

Contents

1. Overview ---------- 1
2. The evaluation committee for advanced nuclear system / nuclear fuel cycle technology---------- 2
3. Status of assessment ----------4
4. Procedure of assessment ---------- 6
5. Result of assessment (Committee report) ---------- 9

References (documents prepared by Japan Atomic Energy Agency) ---------- 27

Appendix(CD-ROM)

This is a blank page.

1．概要

独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、「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17 年3 月29 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17 年9 月26 日文部科学大臣決定）、並びに機構の「研究開発課題評価実施規程」（平成17 年10 月1 日制定、平成18 年1 月1 日改訂）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(注)」に関する事前評価を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。）に諮問した。

これを受けて、研究開発・評価委員会は、本課題に係る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）、研究開発の体制等に係るマネジメントレビュー（大局的評価）を行った。

本研究開発・評価委員会では、機構が実施している「もんじゅ」を活用しての研究開発計画の技術的検討や、研究開発を実施するための体制や組織の整備状況を把握し、これに基づき今後の研究開発の進め方や、研究開発体制等に関する提言を行った。

（注）「高速増殖炉『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。

2. 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

本委員会は、平成18 年1 月に設置され、関連分野の専門家を中心として、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。

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話会
（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

当該研究開発の評価にあたっては、現在の評価委員の中でも特に高速増殖炉技術に専門知識を有する委員により、委員会活動の一環として作業会方式で詳細な審議を行った。作業会は、研究開発・評価委員よりその主査を選任するとともに、評価作業を効果的に進める観点から委員以外で高速増殖炉技術の研究開発経験などを有する外部有識者にも参加して頂いた。

この作業会は以下に示す構成で、平成21 年1 月29 日に設置した。（順不同）

【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
作業会ﾒﾝﾊﾞｰ	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
有識者ﾒﾝﾊﾞｰ	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

３．審議経過

３．１ 委員会開催日程

（１）第１回目： 平成20年12月3日

○ 諮問項目及び検討課題内容の説明

○ 評価の視点及び評価方法の決定

（委員会によるマネジメントレビュー（大局的評価）及び作業会形式による
プロジェクトレビュー（技術的評価）の実施手順について）

○「もんじゅ」の状況及び「もんじゅ」を活用した研究開発についての説明

（２）第２回目： 平成21年9月3日

○ マネジメントレビュー（大局的評価）の内容説明

・組織体制/外部機関との連携

・機構におけるPDCAと意志決定

・要員確保（計画）と人材育成・技術継承

・予算確保

・国際協力

・情報に関するマネジメント

・品質保証

○ 作業会によるプロジェクトレビューの審議状況報告

（３）第３回目： 平成21年10月30日

○ マネジメントレビュー評価意見及び機構の見解の説明

○ マネジメントレビュー答申書（案）の審議

○ 作業会検討結果報告（プロジェクトレビュー答申書の説明）

３．２ 作業会開催日程

（１）第１回目：平成21年1月29日

○ 諮問項目及び検討課題内容の説明

○ 評価の視点及び評価方法の決定

（委員会によるマネジメントレビュー（大局的評価）及び作業会形式による

プロジェクトレビュー（技術的評価）の実施手順について）

○ 「もんじゅ」の状況及び「もんじゅ」を活用した研究開発についての説明

（2）第2 回目：平成21年7月30日

○「もんじゅ」を活用した研究開発計画についての詳細説明

（3）第3 回目：平成21 年10月8日

○ プロジェクトレビュー評価意見及び機構の見解の説明

○ プロジェクトレビュー答申書（案）の検討

3．3 評価結果(答申書)のまとめ

上記の審議結果に基づき、評価結果をまとめ各委員の了承を得て答申書とした。

3．4 答申

平成21年11月5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。

4.1 評価作業手順

(1) 研究開発・評価委員会における審議

① 評価方法を定める。

② 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。

(2) 評価作業

2.1) プロジェクトレビュー（技術的評価）

① 研究開発計画について、現在の評価委員の中でも特に高速増殖炉技術に専門知識を有する委員により、委員会活動の一環として作業会方式で詳細な審議を行う。

② 作業会は専門性の観点から委員外の外部有識者も参加させる。研究開発・評価委員より作業会の主査を選任する。

③ 機構は、作業会にて研究開発の詳細な内容を説明する。各作業会メンバーは、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。

④ 事務局は、作業会での質問及びメンバーからの追加質問に対する機構の回答を作業会メンバーに送付する。

⑤ 各作業会メンバーは、課題説明資料、作業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い評価を行い、評価意見を書面で事務局に提出する。

⑥ 事務局は、作業会メンバーから提出のあった評価意見を整理して、最終作業会の検討資料を作成する。

⑦ 最終作業会において、各作業会メンバーが行った評価、機構の課題説明資料及び補足説明、作業会における討論に基づき、作業会としての評価を行う。

⑧ なお、作業会の資料については、作業会メンバーとなっていない研究開発・評価委員にも送付する。

2.2) マネジメントレビュー（大局的評価）

① 研究開発・評価委員会において、当該研究開発計画に関する取組みが適切に推進されているかどうかを評価する

② 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。

③ 事務局は、研究開発・評価委員会での質問及び委員からの追加質問に対する機構の回答を委員に送付する。

④ 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い評価を行い、評価意見を書面で事務局に提出する。

⑤ 事務局は、委員から提出のあった評価意見を整理して、次回の評価委員会の検討資料を作成する。

(3) 各委員の評価結果に基づく研究開発・評価委員会における審議

① プロジェクトレビューについて、作業会の主査より作業会の評価結果を報告し、これを踏まえて評価委員会としての総括を行う。

② マネジメントレビューについて、各委員が行った評価、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、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

① 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

① 評価をより的確なものとし、また評価に対する被評価者の理解を深めるため、評価委員会および作業会には機構の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。

4.2 評価項目

評価項目及び評価の視点(○印)を次のとおりとする。

(1) 研究開発計画(プロジェクトレビュー)

○ 計画の妥当性(目標達成のための計画の内容に過不足はないか)

○ 研究開発の手段やマイルストーンの内容の妥当性
(長期にわたる研究の進め方の考え方は妥当か)

○ 性能試験結果の FaCT プロジェクトへの反映方法は妥当か

(2) 研究開発実施体制(マネジメントレビュー)

○ 実施体制

・長期にわたる研究開発を実施できる仕組みが用意されているか
(推進体制、評価体制)

・経営トップの意思が周知され、かつ現場での計画の見直しが、経営層によって適切に評価できる仕組みであるか。

・性能試験についてプラント運転管理部門と研究開発部門とが一体となった取組ができているか。

○ 人材育成・技術継承

・日常の研究開発以外に、人材育成・技術継承に有効な方策を計画しているか。

○ 国際協力・情報管理

・情報管理を適切に行う仕組みができているか。

○ 品質保証

・研究開発における品質保証の考え方は適切か

(3) 総合評価

○ 上記項目の評価を踏まえた総合的な判断

5. 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 岡﨑 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、重要となってきている。

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ない。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ギ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) ナトリウム微少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も、「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ーによる核・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

参考資料（日本原子力研究開発機構資料）

参考資料1　研究開発課題の事前評価について（諮問）

参考資料2　評価結果に対する機構の措置

参考資料3　研究開発・課題評価委員会説明資料（CD-ROMに記載）

資料 3-1 「もんじゅ」の状況について

資料 3-2 評価方法（案）

資料 3-3 課題説明資料

資料 3-4 評価方法［プロジェクトレビュー］（案）

資料 3-5 課題説明資料［プロジェクトレビュー］

資料 3-6 課題説明資料［プロジェクトレビュー］（概要版）

資料 3-7 研究開発計画書

資料 3-8 評価方法［マネジメントレビュー］（案）

資料 3-9 課題説明資料［マネジメントレビュー］

資料 3-10 マネジメントにおける計画策定の考え方について

［マネジメントレビューの評価の視点］

資料 3-11 自律的な品質保証体制確立に向けて

行動計画の実施状況・達成状況について

資料 3-12 安全確保への更なる取り組み

This is a blank page.

参考資料　1

研究開発課題の事前評価について（諮問）

This is a blank page.

２０原機（次）０３８
平成２０年１１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　岡﨑 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

This is a blank page.

参考資料 2

評価結果に対する機構の措置

This is a blank page.

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
「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」の評価結果に対する機構の措置

平成 21 年 11 月

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、「機構」という。）は、国家基幹技術である高速増殖炉サイクルの研究開発を行っています。高速増殖原型炉「もんじゅ」については、安全性の更なる向上や組織体制の整備を実施し、現在は運転再開の準備を進めています。機構は、「もんじゅ」の設計・建設の経験及び試験・運転における研究開発成果を実証炉、実用炉に反映し、高速増殖炉の実用化に繋げていくこととしています。

今回の研究開発・評価委員会では、「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」を評価対象とし、2015 年までの研究開発計画の技術的評価についてプロジェクトレビューを、また研究開発の体制や管理等にかかる大局的評価についてマネジメントレビューを実施して頂きました。

本評価結果において頂戴したご指摘・ご意見については、今後の研究開発に反映し、以下の措置を講ずることとします。

Ⅰ．マネジメントレビュー

１．組織体制及び外部機関との連携

[答申(M-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。

[機構の措置]「もんじゅ」における研究開発では、「もんじゅ」運転スケジュールや研究フェーズに注意して、不断に研究の進捗に目を配る必要があると認識しています。そのため、さまざまな内外評価を活用するとともに、研究開発現場との情報交換等に基づき研究開発実施上のリスクをモニターするような体制を整備します。

[答申(M-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。

[機構の措置]「もんじゅ」における研究開発は、次世代部門の責任の下で関連部門、拠点と一体となって取組みます。また、高速増殖炉開発全体の調整・方針決定は「FBR サイクル技術プロジェクト推進会議」の下で行います。このような一元的推進体制にあって、助言・補佐・支援機能については、機構内外の関連技術の専門家から成る「もんじゅ利用検討委員会」等の諮問機関による技術的な助言・補佐、プロジェクト推進室を介した関連部門、拠点の支援を得るなど機能の充実を図って参ります。なお、同室は研究開発現場と経営トップ（理事長）との橋渡しの役割も担い、関係を密にすることにも繋がると考えています。

[答申(M-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。

[機構の措置] 副理事長を議長とする「FBR サイクル技術プロジェクト推進会議」は、次世代部門、FBR プラント工学センター、FBR 研究開発センターが他部門や拠点とともに高速増殖炉開発を推進するため、高速増殖炉開発に係る全体調整・方針決定を行います。業務内容の調整については、次世代部門・プロジェクト推進室と FBR 研究開発センター・運営管理室が相協力して行い、組織間の業務重複、業務の抜けを防止するように努め、「もんじゅ」を用いた研究開発について一体的な業務運営を実施しています。今後も緊密な連携の下、業務を進めます。

2. 機構における PDCA 活動と意思決定

意思伝達

[答申(M-4)] 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。

[機構の措置] 経営トップとは、半期毎の理事長ヒアリング、理事会議、「高速増殖炉サイクル技術プロジェクト推進会議」さらに必要に応じ適宜会合し、経営トップの意思を直接聴いて研究現場に周知するとともに、直接研究現場の状況や意見等を伝えて、研究現場と経営トップとの認識合わせに努めています。「FBR サイクル技術プロジェクト推進会議」は高速増殖炉開発に係る全体調整・方針決定を行う重要な場なので、議長（副理事長）と次世代部門長は議題及び関連事項について頻繁に認識合わせを行っているところであり、今後も継続してコミュニケーションを図ります。

[答申(M-5)] 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。

[機構の措置] 「もんじゅ」では行動計画の中で「経営層の積極的関与」として「経営層の陣頭指揮の強化」を謳っており、実践しています。研究開発においても同様な認識と決意を持って取組んで参ります。

[答申(M-6)] 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。

[機構の措置] 機構では年度計画策定時に、研究開発の展開上の技術的、人的を含めた「経営に係るリスク分析」を実施するとともに、「リスク管理強化に向けて取組むべき重要事項」について半期毎に実施状況を理事長ヒアリングで確認しています。また、これらに加えて研究開発現場の情報は重要度に応じて、理事会議等や担当理事との毎週のミーティング等を通じて、経営トップや運営管理部門は的確に把握しているところです。なお、特に性能試験の実施にあたっては、過去の経験を踏まえ、安全、確実に実施する観点で、計画書を作成しています。試験実施時の不具合は試験報告書に記載し、試験責任者を通じて管理部門や役員に確実に伝達するようにします。

[答申(M-7)] 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。

[機構の措置] 研究テーマ責任者と担当者間の良好な情報交換、コミュニケーションは、研究開発の実施において不可欠なものです。そのため、毎週のグループ会議での確認はもとより、必要に応じて情報交換、コミュニケーションを行っています。ここでは、双方向のコミュニケーションを心掛けています。また、関連課題の責任者同士も毎週のＧＬ会議等適宜連携を取っているところです。特に、性能試験に向けて、性能試験内容、手順等を共有するなど緊密な連携を保ち対応しています。今後も、研究開発現場のコミュニケーションを推進してまいります。

PDCA サイクル循環時間

[答申(M-8)] PDCA サイクル循環時間は、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。

[機構の措置] 研究開発には実施期間が短期のものから、長期にわたるものがあるため、特に PDCA サイクルの”Check”と”Action”のタイミングについて留意して進めます。PDCA の状況報告については、毎朝のミーティング、毎週のＧＬ会議（グループリーダ・FBR プラント工学センター長間の会議）や部門会議等日常の確認はもとより、四半期毎にはプラント工学センターでも実績確認を行うなどしており、この仕組みを引き続き運用していきます。

３．要員確保(計画)と人材育成･技術継承

[答申(M-9)] 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。

[機構の措置] 人材育成については、国際協力の場における交流、関係他部門との研究協力、他機関との共同研究を通じた交流が有意義と考え、積極的に推進する方針です。また、外部の研修等、様々な機会を通じて様々な分野の方々と交流できるよう努めます。

[答申(M-10)] 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。

[機構の措置] 現在、WBS 項目毎に必要な人員を実施計画に記載しており、今後とも適切な人員の定量化に努めます。また、OJT を人材育成の基本としていますが、性能試験の計画から実施に至る業務に積極的に参加させることは、今後「もんじゅ」における研究開発を担う人材育成のためには貴重な機会であり、その業務の中で職員が成長することを期待しています。この他、人材育成が可能な場を特定して、「もんじゅ」の運転スケジュールとも連動させながら、人材育成計画を整えるようにします。一方、五者協議会の合意文書「高速増殖炉実証炉・サイクルの研究開発の進め方について」（平成 21 年 7 月 9 日）において、「高速増殖炉関連の技術やノウハウを有した限られた人材を適切に移転・配置する基本的な見通しについて関係者間で共有する」としており、五者協議会の枠組みの中で、人材の移転・配置の前提となる人材育成に関しても今後検討していくことになると考えています。

[答申(M-11)] 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。

[機構の措置]「もんじゅ」の成果を実証炉・実用炉に反映する観点から、もんじゅ性能試験への参画等を通じて運転現場に精通した専門家を育成する方針であり、その人材育成計画は次世代部門の基本的考え方の一つとしてまとめることします。また、こうした取組みが機構のキャリアパスモデルの構築に繋がるように努めます。

[答申(M-12)] 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。

[機構の措置] 機構は、大学からの研究生の受け入れや、大学への講師派遣などを行い、次代を担う原子力技術者の育成に取組んでいるところです。また、機構職員が客員教授として学生を教育するための高速増殖炉関連の講座を福井大学へ設置し、原子力技術者の育成に貢献しているところです。さらに、小中学校へのアウトリーチ活動

を通じ、原子力への理解と興味を持っていただけるような活動も実施しており、今後とも継続していきます。

4. 国際協力、情報管理

[答申(M-13)] 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。

[機構の措置] 世界において高速増殖炉サイクルを互いに協力しつつ開発していくことが重要であると考え、協力意義（高速増殖炉の効率的な開発、開発リスクの低減、世界標準技術の確立）の観点から、踏み込んだ協力が可能な二国間協力の他に、多国間協力も用意して多チャンネルで国際協力を実施しています。このような国際協力において行われる情報交換や共同研究では、交わされる情報、成果の価値の等価性、互恵性に留意が必要であり、特に、我が国の強み、核心となる技術情報には特段の注意を払うべきものと考えます。

国際協力における情報開示については、核不拡散上の留意、メーカノウハウの保護に加え、互恵性と等価性については短期的な価値均衡だけでなく、協力意義に対する中長期的な視点や外交的意義にも配慮が必要であると認識し、戦略的観点も踏まえて対応して参ります。このような短期的、中長期的な高速増殖炉開発戦略、国益、外交等を含めた総合的な判断が必要な場合、次世代部門長や役員が開示について慎重に判断致します。

[答申(M-14)] 「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。

[機構の措置] 「もんじゅ」における研究開発の成果情報は、国民の知的財産であるとともに世界的にも貴重な情報であることから、戦略的かつ積極的に情報発信していく方針です。また、外部専門家と連携を取り、高速増殖炉開発の幅を拡げていくことは重要であると認識し、そのために必要な情報を発信していくように努めます。

[答申(M-15)] 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。

[機構の措置] 次世代部門では、研究開発に関する情報発信について、研究者・技術者自らが国民に語りかけコミュニケーションを図るアウトリーチ活動をより積極的に進める方針としております。このような活動も活用してコミュニケーション力を継続的に養成し、積極的に情報発信に努めていきたいと考えています。

[答申(M-16)] 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。

[機構の措置] 「もんじゅ」における研究開発の成果情報は世界的にも貴重であることから、戦略的かつ積極的に情報発信していく方針です。特に、英文による公開に意欲的に心がけ、高速増殖炉開発における我が国のプレゼンスを示したいと思います。

5. 品質保証

[答申(M-17)] 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。

[機構の措置] 文書（ISO では記録）については、識別すべき項目を要求事項（基本的には５Ｗ１Ｈ）に定めており、これに沿って記録を作成することで個人差なく、客観性が担保できるようにしていきます。また、PDCA を回す中で自らが行う検証や妥当性確認、更には、第三者的な内部監査（監査対象業務と関係ない監査員から構成）において、不十分なところがあれば改善を図ることで、客観的に説明できる内容とし

ていきます。

[答申(M-18)] 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。

[機構の措置] 研究開発の品質保証については、実証炉・実用炉の設計に使用される解析コード群等の品質確保の観点から、今後ますます要請されると考えています。そのため、「もんじゅ」における研究開発を含む FaCT プロジェクトの研究開発について品質保証を本年 10 月から本格運用しています。ご指摘のように、研究開発の品質マネジメントの実施例はほとんど見られないので、研究現場の受け止め方にも注意して品質保証活動を実施していく所存です。

6. その他

[答申(M-19)] 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。

[機構の措置] 「もんじゅ」における研究開発については、課題を WBS に分解・整理して、フェーズ毎に課題達成目標を時系列的に設定した上で、本研究開発・評価委員会でプロジェクトレビューをして頂いたところです。今回のプロジェクトレビューで頂いた貴重なご意見を、従来の時系列展開に組み込んで研究開発を推進する所存です。

[答申(M-20)] 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ない。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。

[機構の措置] 評価方法・資料の統一化等を進めるとともに人員配置にも配慮して、的確に評価対応を行えるように努めます。

[答申(M-21)]「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

[機構の措置]「もんじゅ」は実証炉、実用炉の開発のために貴重なデータを提供する重要な施設であり、また高速増殖炉開発を指向する世界各国からも運転と研究開発を望む声が大きいことを認識して、機構は、「もんじゅ」の運転再開、着実な運転、さらに再開後の研究開発に向けて最大限の努力を傾注する所存です。

Ⅱ．プロジェクトレビュー

[総論]

[答申(P-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。

[機構の措置] 日本原子力学会を始めとする関係学会に積極的に参加し、情報交換を行い、知見を収集するとともに、必要に応じて年度当初の実施計画書に当該知見を取り込み、研究開発に直接反映させます。また、FBR プラント工学センター長による実施計画書のヒアリングの際に、当該知見の反映先の確認を行うことにより、実証炉に対する研究者の意識を高める工夫を行います。

[答申(P-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。

[機構の措置] 機構として性能試験及び原型炉技術評価が重要であることは十分認識

しており、性能試験のために大洗から人員を「もんじゅ」及び FBR プラント工学研究センターに既に異動させています。今後、性能試験の進捗に応じて、人員の交流を増加させることも考えています。また、原型炉技術評価を行うにあたり FBR プラント工学研究センターの研究者が最大限努力することは無論のこと、大洗の解析コード開発グループの協力を仰ぐとともに、テーマによっては原子力基礎工学部門との協力も進めているところです。なお、当時設計に関与した大学の専門家、メーカー技術者、定年退職者の意見を得るための委員会を組織し、そこで研究開発計画及び研究開発結果を議論していただき、機構外部にある知見をできるだけ吸収したいと考えています。

[答申(P-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。

[機構の措置] Living PSA の研究開発及びその適用を進めるとともに、保全プログラムに対してリスク情報を活用する研究計画を策定する予定です。この中には、安全上重要度が低いタービン設備などの常用系に関する研究も含めることとしています。

[答申(P-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。

[機構の措置] 高経年化のデータの取得を実現するためには、「もんじゅ」の安全・安定運転が欠かせません。FBR プラント工学研究センターは、「もんじゅ」のトラブルに対して即応できる体制を整え、安全・安定運転の継続を支援いたします。また、「もんじゅ」を使った研究開発について学会、専門誌に対して積極的に発信するとともに、「もんじゅ」から有意義な結果が得られていることを、研究者・技術者自らが国民に語りかけコミュニケーションを図るアウトリーチ活動をより積極的に進めたいと考えています。

[答申(P-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。

[機構の措置] 「もんじゅ」は運転することでその運転手順書や保全プログラムの完成度（精度）の向上が図られ、その過程において研究開発的な活動要素が含まれると考えています。また、この活動には効率的な運転、保守・補修を行うための技術開発が含まれます。これらの活動を行うために、FBR プラント工学研究センターは FBR 研究開発センター（「もんじゅ」運転管理を行う拠点）と職員の兼務及び研究開発情報の交換会議の設定を行い密接に協力することを考えています。

また、プラント設計に必要となるデータは主に性能試験の結果を吟味する原型炉技術評価により得られますので、取得されたデータの評価を FBR プラント工学研究センターの本来業務として進めていく予定です。

この両者を両立させるために、研究開発項目が一時期に集中しないよう「もんじゅ」の運転工程を勘案して、研究開発スケジュールを調整していく予定です。

[答申(P-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。

[機構の措置]「常陽」の場合、照射試験体は燃料ピン規模であり「もんじゅ」に比較すれば小規模ではありますが、試験体に計測線を付けることができるため高精度のデータの取得が可能であり、また豊富な実績に基づき過渡照射試験を始めとした多種多様な照射試験が可能です。一方、「もんじゅ」では定常照射を活かした燃料集合体規模の照射が可能です。このように両者にはそれぞれ特徴があり、相補いながら我が国の燃料開発のための道具として使用することが、効率的な燃料開発につながると考えています。本評価期間の間に両者を用いた燃料開発計画を「もんじゅ高度化」の中で考えていく予定です。

[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

[答申(P-7)] 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。

[機構の措置] 安全性を確保しながら着実に運転を継続することが大切と考えています。今回の評価期間においては、性能試験における安全性を確保するために、以下の対策を講じています。

① 各試験を行うに際して、試験の計画段階と実施段階に分けて図書を作成し、それぞれを社内で事前にレビューします。試験の計画段階では、主に「もんじゅ」の規則（保安規定等）を遵守しながら実施できる試験計画になっているか、安全性が確保されるかなどをレビューし、実施段階では適切な試験条件及び手順になっているかなどをレビューします。

② 必要に応じて事前の予測解析等を行い、試験時の挙動を把握して安全に試験が行えることを確認します。

[答申(P-8)] 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。

[機構の措置] これまでも、ナトリウム冷却高速増殖炉の特徴である高温・低圧系、ナトリウムの物性・化学的性質、ナトリウム漏えいの経験等を活かした保安規定・運転手順書としてきています。今後とも、性能試験での運転経験を踏まえて、ナトリウム冷却高速増殖炉の保安規定・運転手順書の体系の確立を目指していきます。

[答申(P-9)] 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。

[機構の措置] 高速増殖炉について機器保全の実績、データの蓄積が軽水炉に比べて少ないのはご指摘のとおりです。「もんじゅ」においては、「常陽」の運転経験、海外の高速増殖炉の運転経験及び炉外試験装置を含むナトリウムループの運転経験に関する情報を活用しています。運転開始後は、自らの運転データ(ナトリウムの温度履歴データなど)、定検時の検査・測定データの収集・分析などを重ねることによって、機器保全の見直し、高度化を図る予定です。このためにも、ご指摘の安全・安定運転をこれらのデータの収集に必要な期間継続すること及び得られた知見を仕様の異なる将来炉へ外挿するための方法論の検討が重要と認識しています。

1.2 性能試験

[答申(P-10)] 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。

[機構の措置] 計測点については、性能試験用に、原子炉容器内上部プレナムの温度分布を測定する装置を既に設置しています。また、今後の性能試験に向けて配管外壁面温度測定（配管内温度成層化現象)、未臨界度測定等の評価のためにどの様なデータが必要か、FBR プラント工学研究センター、次世代原子力システム研究開発部門及び FBR 研究開発センターが共同で検討し、「もんじゅ」で可能な最大限のところで設定しています。したがって、「もんじゅ」もその許された範囲内で最大の努力をしていると考えております。

1.3 原型炉技術評価

[答申(P-11)] 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。

[機構の措置] 現在の研究開発計画の中の原型炉技術評価で開発する解析コードは

「もんじゅ」に特化したものではなく、実証炉設計のための各種実験結果でも検証するなど、汎用性を持たせたものとするように計画しており、ご主旨は既に研究開発計画の中に取り込んでおります。

[答申(P-12)] 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。

[機構の措置] 解析コードは解析の考え方及び適用範囲をきちんと認識した上で使用する必要があります。また、詳細な解析評価を行う一方で、計算時間を短縮することも要求されています。例えば、熱流動解析において、部分的な3次元詳細解析モデルとフローネットワークモデルとを組み合わせ、解析の汎用性を持たせた上で計算時間を短縮できるようなシステムを構築し、これと「もんじゅ」の試験結果を比較して、当該システムの妥当性を確認することを考えています。その際には、このシステムの考え方及び適用範囲を合わせて明示していく予定です。

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

[答申(P-13)] ナトリウム微少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。

[機構の措置] 研究開発計画の中に「漏えいナトリウム迅速検出法の開発」という項目があり、この中で最新の技術・知見を取り込むことを考えています。また、説明責任については、先般のナトリウム漏えい検出システムが発報した時の CLD 検出器の発報条件に関し技術的な観点から検討を行い外部への説明に対する根拠を提示した場合のように、技術的な観点からの説明責任を果すつもりです。

2.2 プラント保全技術の確立

[答申(P-14)] 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。

[機構の措置] 保全技術は技術の進歩の著しい分野でもあるため、2015 年の時点で難しいとされた技術であっても後年適用可能となることも考えられます。そのため、2015 年以降の研究開発計画では、保全に有効と予測できる技術を開発できるよう心がけ、技術の進化を見極めながら、当該研究開発計画を検討します。

[答申(P-15)] 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。

[機構の措置] ナトリウム中目視検査装置について「もんじゅ」を実証試験の場として利用することは重要と考えています。ただ、「もんじゅ」は利用するに際し、例えばナトリウム中目視検査装置を炉内に持ち込むための専用の装置出し入れ機構の設置、遮蔽プラグや炉上部機構の改造の可能性等いくつかの制約事項があり、これらの範囲内で可能なことを検討したいと考えています。

2.3 ナトリウム機器の技術蓄積

[答申(P-16)] 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。

[機構の措置] 早期に取組む必要性は認識しており、データベースの土台となる対象ハードウェア全てのカタログ化という膨大な作業についてFBR研究開発センターと協議を進めているところです。保全プログラムのPDCAによって、劣化現象の定量的な特徴の把握とその反映による保全業務の合理化の経緯が記録されることは保全データベースの重要な機能で、この情報は次の高速増殖炉開発のための貴重な情報になると考えております。

3. FBR実用化に向けた研究開発の場としての活用・利用

[答申(P-17)] 「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。

[機構の措置] 実証炉・実用炉の太径・中空燃料に近い燃料を段階的に「もんじゅ」に装荷し、当該燃料の性能を確認していく計画を検討する予定です。また、実証炉・実用炉の燃料で考えられているMA（マイナーアクチノイド）含有燃料については、米仏との協力により「もんじゅ」で照射し、燃焼特性に関するデータを取得し評価していく計画を進めています。

[答申(P-18)] 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。

[機構の措置] 「もんじゅ」の運転・保守に関わる全ての作業が、高速増殖炉プラント管理技術の開発であることを常に念頭におき、経験を蓄積し標準化を目指します。特に、ご指摘のような項目は、作業期間の短縮につながり、稼働率が向上しますので、高速増殖炉プラントの経済性向上を検討する際に、定量的なデータを提供することができると考えています。ただし、このためには現在の「もんじゅ」プラントが安全・安定運転を確立する必要があるため、時期を見計らって研究開発計画に取り込みたいと考えています。

[答申(P-19)] 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も、「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上で重要である。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ーによる核・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。

［機構の措置］現象の詳細なシミュレーションは昨今の計算機能力の急速な向上や計算アルゴリズムの進展により現実味を帯びてきています。それでも膨大な計算機資源を必要とする原子炉詳細シミュレーションについては、第三期科学技術基本計画の国家基幹技術の一つである次世代スーパーコンピューターの計画の成果を取入れる必要があります。同時に、どのような解析コードシステムが用意できるか諸外国の専門化も含めて検討し、次代の研究開発の萌芽となる検討を行いたいと考えています。

以上

This is a blank page.

国際単位系（SI）

表１．SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表２．基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m^2
体積	立法メートル	m^3
速さ，速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s^2
波数	毎メートル	m^{-1}
密度，質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m^3
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m^2
比体積	立方メートル毎キログラム	m^3/kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m^2
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度(a)，濃度	モル毎立方メートル	mol/m^3
質量濃度	キログラム毎立法メートル	kg/m^3
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m^2
屈折率(b)	（数字の） 1	1
比透磁率(b)	（数字の） 1	1

(a) 量濃度（amount concentration）は臨床化学の分野では物質濃度（substance concentration）ともよばれる。
(b) これらは無次元量あるいは次元１をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の１は通常は表記しない。

表３．固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン(b)	rad	1 (b)	m/m
立体角	ステラジアン(b)	sr(c)	1 (b)	m^2/m^2
周波数	ヘルツ (d)	Hz		s^{-1}
力	ニュートン	N		m kg s^{-2}
圧力，応力	パスカル	Pa	N/m^2	m^{-1} kg s^{-2}
エネルギー，仕事，熱量	ジュール	J	N m	m^2 kg s^{-2}
仕事率，工率，放射束	ワット	W	J/s	m^2 kg s^{-3}
電荷，電気量	クーロン	C		s A
電位差（電圧），起電力	ボルト	V	W/A	m^2 kg s^{-3} A^{-1}
静電容量	ファラド	F	C/V	m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m^2 kg s^{-3} A^{-2}
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	m^2 kg s^{-2} A^{-1}
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2	kg s^{-2} A^{-1}
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m^2 kg s^{-2} A^{-2}
セルシウス温度	セルシウス度(e)	℃		K
光束	ルーメン	lm	cd sr(c)	cd
照度	ルクス	lx	lm/m^2	m^{-2} cd
放射性核種の放射能（f）	ベクレル (d)	Bq		s^{-1}
吸収線量，比エネルギー分与，カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m^2 s^{-2}
線量当量，周辺線量当量，方向性線量当量，個人線量当量	シーベルト (g)	Sv	J/kg	m^2 s^{-2}
酸素活性	カタール	kat		s^{-1} mol

(a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
(b)ラジアンとステラジアンは数字の１に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の１は明示されない。
(c)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
(d)ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
(e)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
(f)放射性核種の放射能（activity referred to a radionuclide）は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
(g)単位シーベルト（PV,2002,70,205）についてはCIPM勧告2（CI-2002）を参照。

表４．単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	m^{-1} kg s^{-1}
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	m^2 kg s^{-2}
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	kg s^{-2}
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m^{-1} s^{-1}=s^{-1}
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s^2	m m^{-1} s^{-2}=s^{-2}
熱流密度，放射照度	ワット毎平方メートル	W/m^2	kg s^{-3}
熱容量，エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m^2 kg s^{-2} K^{-1}
比熱容量，比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m^2 s^{-2} K^{-1}
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	m^2 s^{-2}
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s^{-3} K^{-1}
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m^3	m^{-1} kg s^{-2}
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s^{-3} A^{-1}
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m^3	m^{-3} sA
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m^2	m^{-2} sA
電束密度，電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m^2	m^{-2} sA
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s^{-2} A^{-2}
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m^2 kg s^{-2} mol^{-1}
モルエントロピー，モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m^2 kg s^{-2} K^{-1} mol^{-1}
照射線量（X線及びγ線）	クーロン毎キログラム	C/kg	kg^{-1} sA
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	m^2 s^{-3}
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m^4 m^{-2} kg s^{-3}=m^2 kg s^{-3}
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2$ sr)	m^2 m^{-2} kg s^{-3}=kg s^{-3}
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m^3	m^{-3} s^{-1} mol

表５．SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10^{24}	ヨタ	Y	10^{-1}	デシ	d
10^{21}	ゼタ	Z	10^{-2}	センチ	c
10^{18}	エクサ	E	10^{-3}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	P	10^{-6}	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	T	10^{-9}	ナノ	n
10^{9}	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	p
10^{6}	メガ	M	10^{-15}	フェムト	f
10^{3}	キロ	k	10^{-18}	アト	a
10^{2}	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	z
10^{1}	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

表６．SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h =60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	’	1’=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	”	1”=(1/60)’=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	$1ha=1hm^2=10^4m^2$
リットル	L，l	$1L=11=1dm^3=10^3cm^3=10^{-3}m^3$
トン	t	$1t=10^3$ kg

表７．SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	$1eV=1.602\ 176\ 53(14)\times10^{-19}J$
ダルトン	Da	$1Da=1.660\ 538\ 86(28)\times10^{-27}kg$
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	$1ua=1.495\ 978\ 706\ 91(6)\times10^{11}m$

表８．SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	$1\ bar=0.1MPa=100kPa=10^5Pa$
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	$1\ Å=0.1nm=100pm=10^{-10}m$
海里	M	1 M=1852m
バーン	b	$1\ b=100fm^2=(10^{-12}cm)2=10^{-28}m^2$
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベル	B	
デジベル	dB	

表９．固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エルグ	erg	$1\ erg=10^{-7}$ J
ダイン	dyn	$1\ dyn=10^{-5}$N
ポアズ	P	$1\ P=1\ dyn\ s\ cm^{-2}=0.1Pa\ s$
ストークス	St	$1\ St=1cm^2\ s^{-1}=10^{-4}m^2\ s^{-1}$
スチルブ	sb	$1\ sb=1cd\ cm^{-2}=10^4cd\ m^{-2}$
フォト	ph	$1\ ph=1cd\ sr\ cm^{-2}\ 10^4lx$
ガル	Gal	$1\ Gal=1cm\ s^{-2}=10^{-2}ms^{-2}$
マクスウェル	Mx	$1\ Mx = 1G\ cm^2=10^{-8}Wb$
ガウス	G	$1\ G=1Mx\ cm^{-2}=10^{-4}T$
エルステッド（c）	Oe	$1\ Oe \triangleq (10^3/4\pi)A\ m^{-1}$

（c）３元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 ≙ 」は対応関係を示すものである。

表10．SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	$1\ Ci=3.7\times10^{10}Bq$
レントゲン	R	$1\ R=2.58\times10^{-4}C/kg$
ラド	rad	$1\ rad=1cGy=10^{-2}Gy$
レム	rem	$1\ rem=1\ cSv=10^{-2}Sv$
ガンマ	γ	1γ=1 nT=10-9T
フェルミ		1フェルミ=1 fm=10-15m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリー	cal	1cal=4.1858J（「15℃」カロリー），4.1868J（「IT」カロリー）4.184J（「熱化学」カロリー）
ミクロン	μ	1 μ =1μm=10^{-6}m

（第8版，2006年改訂）

この印刷物は再生紙を使用しています