JAEA-Evaluation
2015-006
DOI:10.11484/jaea-evaluation-2015-006

平成26年度　研究開発・評価報告書
評価課題「高速炉サイクル技術の研究開発」
（事前評価）

Assessment Report of Research and Development Activities in FY2014
Activities: “R&D Plan on FR Cycle Technologies”
(Pre-Review Report)

高速炉研究開発部門
Sector of Fast Reactor Research and Development

September 2015
Japan Atomic Energy Agency
日本原子力研究開発機構

JAEA-Evaluation

本レポートは国立研究開発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。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 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
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, 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, 2015

JAEA-Evaluation 2015-006

平成26年度　研究開発・評価報告書
評価課題「高速炉サイクル技術の研究開発」（事前評価）

日本原子力研究開発機構
高速炉研究開発部門

（2015 年 6 月 11 日受理）

独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という）は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 24 年 12 月 6 日内閣総理大臣決定）及びこの大綱的指針を受けて作成された「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 24 年 4 月 2 日文部科学大臣決定）、並びに原子力機構の「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 日改正、平成 21 年 8 月 19 日改正）等に基づき、「高速炉サイクル技術の研究開発」に関する事前評価を高速炉サイクル研究開発・評価委員会に諮問した。

これを受けて、高速炉サイクル研究開発・評価委員会は、原子力機構が想定する第3期中長期目標期間（平成 27 年度～平成 33 年度）の達成目標、実施項目等を聴取し、第3期中長期計画策定に反映すべき意見の取りまとめを以って事前評価とした。

本報告書は、高速炉サイクル研究開発・評価委員会より提出された事前評価の「評価結果（答申書）」等をまとめたものである。

本報告書は、研究開発評価委員会（高速炉サイクル研究開発・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　高速炉研究開発部門（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 番地

JAEA-Evaluation 2015-006

Assessment Report of Research and Development Activities in FY2014 Activities: "R&D Plan on FR Cycle Technologies" (Pre-Review Report)

Sector of Fast Reactor Research and Development

Japan Atomic Energy Agency
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received June 11, 2015)

Japan Atomic Energy Agency (JAEA) asked the advisory committee "Evaluation Committee of Research and Development Activities for Fast Reactor Cycle" (the Committee) to assess "The Third Basic Plan on FR Cycle technologies during the period between FY2015 and FY2021", in accordance with "General Guideline for the Evaluation of Government R&D Activities" by Cabinet Office, Government of Japan, "Guideline for Evaluation of R&D in Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology" and "Regulation on Conduct for Evaluation R&D Activities" by JAEA.

This report summarizes results of the assessment by the Committee.

Keywords : Evaluation Committee, FR, FR Cycle, Fast Reactor, Monju

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

目次

1. 概要 1
2. 高速炉サイクル研究開発・評価委員会の構成 2
3. 審議経過 3
4. 評価方法 4
5. 評価結果（答申書） 6

付録（日本原子力研究開発機構資料） 21

付録 CD-ROM

Contents

1. Summary 1
2. The evaluation committee for FR Cycle technologies 2
3. Evaluation Committee of Research and Development activities 3
4. Procedure of assessment 4
5. Results of assessment(Committee Report) 6

Appendix（documented by Japan Atomic Energy Agency） 21

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、「原子力機構」という）は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 24 年 12 月 6 日内閣総理大臣決定）及びこの大綱的指針を受けて作成された「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 24 年 4 月 2 日文部科学大臣決定）、並びに原子力機構の「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 日改正、平成 21 年 8 月 19 日改正）等に基づき、「高速炉サイクル技術の研究開発」に関する事前評価を高速炉サイクル研究開発・評価委員会に諮問した。高速炉サイクル技術の研究開発については、「エネルギー基本計画」及び「もんじゅ研究計画」を踏まえて、「高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発」、「高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発」、「使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発」の3つの大項目を研究課題として設定している。

これを受けて、高速炉サイクル研究開発・評価委員会は、原子力機構が想定する第3期中長期目標期間（平成 27 年度～平成 33 年度）の達成目標、実施項目等を聴取し、第3期中長期計画策定に反映すべき意見の取りまとめを以って事前評価とした。

本報告書は、高速炉サイクル研究開発・評価委員会より提出された事前評価の「評価結果（答申書）」等をまとめたものである。

2. 高速炉サイクル研究開発・評価委員会の構成

本委員会は平成 26 年 9 月 10 日に設置され、関連分野の専門家を中心として、社会科学の専門家を含む 11 名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	越塚 誠一	東京大学 大学院工学系研究科 教授
委 員	植田 伸幸	電力中央研究所 原子力技術研究所 所長・研究参事
(五十音順)	宇埜 正美	福井大学附属国際原子力工学研究所 副所長・教授
	木倉 宏成	東京工業大学 原子炉工学研究所 准教授
	黒崎 健	大阪大学 大学院工学研究科 准教授
	竹下 健二	東京工業大学 原子炉工学研究所 教授
	堂崎 浩二	日本原子力発電株式会社 開発計画室 室長代理
	中村 裕行	日本原燃株式会社 理事 再処理事業部再処理計画部長
	村上 朋子	日本エネルギー経済研究所 戦略研究ユニット 原子力グループマネージャー
	山本 章夫	名古屋大学 大学院工学研究科 教授

3. 審議経過

(1) 第1回委員会開催(事後評価):平成 26 年 10 月 31 日(金)
- 高速増殖炉/高速炉サイクル技術の研究開発に関する事後評価
- 第2期中期計画における進捗(炉システムの研究開発、核燃料サイクルシステムの研究開発、研究開発の運営等に関する事項(国際協力)、自己評価結果)
- 上記説明に関する質疑応答

(2) 第2回委員会開催(事後評価):平成 26 年 11 月 14 日(金)
- 「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後評価
- 第2期中期計画における進捗(自立した運営管理体制の確立、発電プラントとしての信頼性の実証、運転経験を通じたナトリウム取扱い技術の確立、研究開発の運営等に関する事項、自己評価結果
- 上記説明に関する質疑応答

(3) 第3回委員会開催(事後評価の総合評価):平成 26 年 11 月 28 日(金)
- 第 1 回及び第2回委員会における事後評価の総合評価
- 委員会としての事後評価のまとめ(事後評価における総合評価の自己評価、委員会としての総合評価の討論)

(4) 第4回委員会開催(事前評価):平成 26 年 12 月 12 日(金)
- 高速炉サイクル研究開発に関する事前評価
- 第3期中長期計画(高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発、高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発、使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発)
- 上記説明に関する質疑応答

4. 評価方法

第4回委員会（平成 26 年 12 月 12 日開催）において、原子力機構から提示した第3期中長期目標期間（平成 27 年 4 月～平成 34 年 3 月）における高速炉サイクル研究開発を説明し、質疑応答で内容を確認して、評価対象ごとに本委員会所定の評価項目に従って、事前評価を実施した。

(1) 評価対象

研究開発課題「高速炉サイクル技術の研究開発」を3つの評価対象に分けて評価した。

① 高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発
② 高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発
③ 使用済燃料の再処理・燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発

(2) 評価項目

評価項目は「国の研究開発評価に関する大綱的指針」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」に示されている評価の観点（必要性、有効性、効率性）等を参考に意見を取りまとめた。

＜必要性の観点＞
① 研究開発課題選定の妥当性
② 方向性・目的・目標等の妥当性
＜有効性の観点＞
③ 見込まれる直接・間接の成果・効果や波及効果の内容
＜効率性の観点＞
④ 研究開発の進め方（計画・実施体制の妥当性）
＜その他＞
⑤ 改善を要する点、その他

(3) 評価対象期間

平成27年4月より平成34年3月まで

事前評価スケジュール

平成 26 年 12 月 12 日（金）

13:00～13:10　前回宿題対応について

13:10～13:35　実用化研究開発の答申書案について　（説明 5 分、質疑 20 分）

13:35～14:00　もんじゅの答申書案について　（説明 5 分、質疑 20 分）

14:00～14:20　事前評価の方法及び概要　（説明 10 分、質疑 10 分）

14:20～15:00　高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発
（説明 15 分、質疑 25 分）

15:00～15:10　休憩

15:10～15:50　高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発
（説明 15 分、質疑 25 分）

15:50～16:30　使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発及び
放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発
（説明 15 分、質疑 25 分）

5. 評価結果（答申書）

平成27年1月22日

独立行政法人　日本原子力研究開発機構
　理事長　松浦 祥次郎　殿

研究開発・評価委員会
（高速炉サイクル研究開発・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[26原機（炉）001]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「高速炉サイクル技術の研究開発」

以上

（別紙）

高速炉サイクル研究開発・評価委員会報告書
「高速炉サイクル技術の研究開発」の評価結果（事前評価）
（答申書）

「高速炉サイクル研究開発・評価委員会」（以下、「当研究開発・評価委員会」という。）は、独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）の「高速炉サイクル技術の研究開発」に関する事前評価の諮問を受けた。

現時点では国が提示する第3期中長期目標及び原子力機構が設定する第3期中長期計画が定まっていないことから、当研究開発・評価委員会としては、原子力機構が想定する第3期中長期目標期間（平成 27 年度～平成 33 年度）の達成目標、実施項目等を聴取し、第3期中長期計画策定に反映すべき意見の取りまとめを以って事前評価とした。

意見の取りまとめに際しては、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 24 年 12 月 6 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[最終改定 平成 26 年 5 月 19 日]文部科学大臣決定）等に示されている評価の観点（課題設定、目的・目標、見込まれる成果・効果、研究開発の進め方、改善を要する点）を参考に、各委員による意見を整理・取りまとめた。

評価課題毎の事前評価を以下に示す。

Ⅰ．事前評価総括

1．高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発

本研究開発では、「エネルギー基本計画」及び「もんじゅ研究計画」に沿って「高速増殖炉の成果の取りまとめを目指した研究開発」及びその前提となる新規制基準対応のための「もんじゅの安全強化のための研究開発」を大項目（研究課題）に設定し、それぞれにおいて、シビアアクシデントを考慮した対策検討、安全評価及び「もんじゅ研究計画」において絞り込まれた研究開発項目の成果の取りまとめを実施項目としている。「もんじゅ」運転再開が見通せない現状では、研究開発段階炉の新規制基準に対して「もんじゅ」を適合させるための安全強化に重点を置くことは、目標として妥当と考えられる。特に「もんじゅの安全強化のための研究開発」の成果は「もんじゅ」の再稼働に向けた許認可申請に活用されることに加えて、将来の高速炉の許認可や安全強化に貢献すると期待できる。研究開発の進め方については、原子力機構全体の組織体制と業務を抜本的に見直す状況のなか、特に「もんじゅ」を筆頭に、機動的な事業運営のための実施体制の整備を行ってきており、その効果が期待されるところである。

以上より、第3期中長期目標期間に想定される「高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発」の取組みは妥当と評価できる。

なお、「もんじゅ」における研究開発の今後の遂行に関して考慮すべき意見があったので、主な意見を次に示す。原子力機構においては、これらの意見を当該研究開発活動に適切に反映することを期待する。

○ 第3期中長期計画の間にこれだけの研究開発を行って成果を取りまとめるには時間的にタイトで、まずは新規制基準への対応を進め、再稼働・フル出力運転を早期に実現していただきたい。
○ 研究開発の前提ともなる新規制基準への対応については、原子力発電所の適合性確認の進捗状況も勘案しつつ、遅れが生じないよう、特に留意する必要がある。
○ 「もんじゅ」の安全強化は、「もんじゅ」という実機の高速炉に対して、シビアアクシデントを含む安全性向上策を実装する貴重な機会となる。新規制基準が要求する性能水準に対して、どのような考え方で安全設備を設計し、設置することが効果的であるのかという観点までを含めて研究開発を進めることが望ましい。また、安全性向上策は、リスク低減への寄与が異なることから、確率論的リスク評価（PRA ： Probabilistic Risk Assessment）を用いて個別の安全性向上策の効果を定量的に評価する技術を継続的に開発していくべきである。
○ 新規制基準対応では、これまでの実用炉での実施状況を踏まえると、免震棟の建設や防潮堤のかさ上げなど、ある程度大規模な予算措置が必要になると予想される。第3期中長期計画においては、当初の予定として大規模な予算措置を行うことや、規制当局の審査によっては追加予算措置も必要となることを記述しておくべきではないか。

2. 高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発

本研究開発では、「エネルギー基本計画」及び「もんじゅ研究計画」に示された基本的考え方に基づき「高速炉の安全性強化を目指した研究開発」と「仏国との ASTRID 協力を通じた実証技術開発」の大項目（研究課題）を設定しており、具体的実施項目へと展開している。「高速炉の安全性強化を目指した研究開発」では国際標準となる安全設計要件の構築を目指した研究開発やシビアアクシデント防止・影響緩和に関する技術開発を、「仏国との ASTRID 開発協力を通じた実証技術開発」では開発協力と実証技術の総合評価を行うこととしており、達成目標としても網羅的かつ十分な深度で吟味されている。これらの活動を進めることにより、国際的な評価を受けるとともに国際貢献も期待できる。また、研究開発の進め方として、実施体制、外部機関との協力、運営資金についても適切に考えられている。

以上より、第3期中長期目標期間に想定される「高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発」の取組みは妥当と評価できる。

なお、高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発の今後の遂行に関して考慮すべき意見があったので、主な意見を次に示す。原子力機構においては、これらの意見を当該研究開発活動に適切に反映することを期待する。

○ リソースが限られていることを踏まえ、研究開発成果を適用する対象が必要とする精度の程度（細かさ、粗さ）を考慮しつつメリハリのある計画とされたい。
○ 得られた成果は規制・規準化に生かすだけでなく、その過程で利用した研究資源や確立した手法等を広く国内外の研究機関等に解放してほしい。

○ 高速炉の品質保証、保守管理等に関する規格基準の整備についても視野に入れるべき。
○ ASTRID 関連と国際協力は相手のある話であり、相手から想定外の要求があった場合の対応を考えておく必要がある。
○ 「国際標準化」については日本の主観でなく、日本が世界から客観的にどう見られているかの視点も必要である。

3. 使用済燃料の再処理・燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発

本研究開発では、「エネルギー基本計画」において、使用済燃料を再処理し回収されるプルトニウム等を有効利用する核燃料サイクルの推進を基本方針として、放射性廃棄物の減容化・有害度低減のための技術開発を推進するとの方針に基づき「使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発」と「放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発」の大項目（研究課題）を設定しており、個別の具体的実施項目へと展開している。「使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発」では軽水炉から高速炉への移行期に関する再処理技術開発と MOX 燃料製造技術開発、「放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発」ではマイナーアクチニド（MA ： Minor Actinide）の分離変換のための高速炉及び加速器駆動システム（ADS ： Accelerator Driven System）の共通基盤技術の研究開発と高速炉を用いた核変換技術の研究開発、として枢要技術の成立性に係るデータを取得して見通しを得るなど、将来課題となり得る技術要素に着目して研究開発を進めることとしている点は評価できる。達成目標としても、基礎的要素技術開発、システム成立性・設計見通しの取得等、適切に定められている。また、研究開発の進め方として、実施体制、外部機関との協力、運営資金についても適切に考えられている。

以上より、第3期中長期目標期間に想定される「使用済燃料の再処理・燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発」の取組みは妥当と評価できる。

なお、使用済燃料の再処理・燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発の今後の遂行に関して考慮すべき意見があったので、主な意見を次に示す。原子力機構においては、これらの意見を当該研究開発活動に適切に反映することを期待する。

○ 再処理や燃料製造に関する技術開発については、個々の要素技術についてはもちろん、システムとしての成立性に関するデータが重要であることに留意する必要がある。
○ 放射性廃棄物の減容化・有害度低減を目指した研究開発においては、核燃料サイクルシステムの研究開発が重要であり、遅れが生じないよう、留意する必要がある。
○ 課題が従来の延長線上で描かれており、東京電力株式会社福島第一原子力発電所（以下、「1F」という。）事故後の外的情勢の変化に対応したものになっているかどうか、良く検討することが必要である。国の施策との関連が大きいことから、場合によっては、

計画を中間段階で見直すステップを設けておいた方が、円滑に研究を実施できる可能性もあると考えられる。

○ MA 含有燃料の遠隔保守性の検討に当たっては、ガラス固化、前処理など遠隔保守作業を実施している現場の実態・意見も十分に踏まえて検討を進めていただきたい。

Ⅱ．評価課題毎の評価の観点に沿った意見

1．高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発

（課題選定）

○ 「エネルギー基本計画」や「もんじゅ研究計画」を受けて「高速増殖炉の成果の取りまとめを目指した研究開発」を課題として選定するとともに、その前提として新規制基準への対応のための「もんじゅの安全強化のための研究開発」を課題としており、妥当である。

○ 1F事故を受けた喫緊の課題としての安全強化研究と次の「もんじゅ」の次のステップにつながる高速増殖炉成果のとりまとめという点で妥当だが、それ以前の組織改革はどうなったのか。

○ 「もんじゅ」の運転再開がポイントになると思う。計画においては、再開のために必要な研究開発（あるいは作業的なもの）及び再開しなくてもできる研究開発と、再開後に「もんじゅ」を使って行う研究開発に明確に分けるべきだと考える。（前半部分の安全強化のための研究開発は、おそらく再開のために必要な研究だろうと思われる。）

○ 「もんじゅ」を新規制基準に適合させるために必要な安全強化のための研究課題が提案されており、目的・目標、課題選定には問題はないと思われる。まずは現在、原子力規制委員会より受けている保安規定違反を早期に解除できるよう努力していただき、規制庁の審査、工事、性能試験に至る工程を早期に達成できるように全組織をあげて努力していただきたい。

○ 成果の取りまとめに必要な研究課題が示されており、課題設定、目的・目標に問題はないと判断する。ただ、第3期中長期計画の間にこれだけの研究開発を行って成果を取りまとめるには時間的にタイトで、まずは新規制基準への対応を進め、再稼働・フル出力運転を早期に実現していただきたい。

○ 課題選定については、文科省の作業部会でまとめられた「もんじゅ研究計画」及びその後の「エネルギー基本計画」に沿って、「もんじゅ」の安全強化のための研究開発、および高速増殖炉の成果のとりまとめを目指した研究開発に区分・設定し、それぞれにおいて、シビアアクシデントを考慮した内部・外部事象に関する対策検討及び安全評価、及び各技術分野における成果とりまとめを選定しており、妥当である。

○ 開発課題として、新規制基準(軽水炉)への適合を掲げている点は、評価できる。今後のステップとして、高速炉(ナトリウム炉)を踏まえた基準の見直しを図るとしている点、ナトリウム炉としての特徴を踏まえた重大事故対策等を講ずるとしている点は、特に評価できる。材料の各種データ取得を進めるとしている点も評価できる。

　レベル 4 事故への対策として、放射化ナトリウムの挙動を検討するとしているのは、適切と考えるが、「本当にどのような核種が、どれだけ放出されるのか」という点について、是非、実験によるデータ取得を進めていただきたい。この部分の実データが補強されると、重大事故対策についての本当の意味での相場感が形成でき、将来に非常に役立つデータとなるものと考える。

○ 安全強化に重点が置かれているが、これは当面の注力対象が新基準への適合性をク

リアすることであり、かつ運転開始可能性が見えない現状では妥当と考えられる。

（目的・目標）

○ 「もんじゅの安全強化のための研究開発」では「もんじゅ安全対策ピアレビュー委員会」で検討された安全確保の項目について評価・対策を行うとともに、「高速増殖炉の成果の取りまとめを目指した研究開発」では「もんじゅ研究計画」で絞り込まれた研究開発を行うこととしており、妥当である。

○ 「もんじゅの安全強化のための研究開発」内容において、ソフト面（実施手順、教育・訓練、体制の確保など）での対策の内容に乏しい。

○ 新規制基準への適合および「もんじゅ」の性能試験の続行であり妥当であるが、本当に再稼働できるかどうか不安である。

○ 目的・目標については、新規制基準に対して「もんじゅ」を適合させることに基礎を置いており、妥当である。

○ 安全強化に重点が置かれているが、これは当面の注力対象が新基準への適合性をクリアすることであり、かつ運転開始可能性が見えない現状では妥当と考えられる。

○ 「もんじゅ」における新規制基準適合の際に得られた知見などを高速炉の安全設計要件などにフィードバックすることを検討しても良いのではないか。

（見込まれる成果・効果）

○ 新規制基準への対応のための「もんじゅの安全強化のための研究開発」により、「もんじゅ」の再稼働ばかりではなく、将来の高速炉の安全性の向上に資すると見込まれる。

○ これによりシビアアクシデント対策は全て揃い再稼働に向けた準備が全て整う点で妥当である。

○ 見込まれる成果・効果については、「もんじゅの安全強化のための研究開発」の成果が、「もんじゅ」の再稼働に向けた許認可申請に活用されることに加え、将来の高速炉の許認可や安全性向上に資すること、また高速増殖炉の成果のとりまとめを目指した研究開発の成果が、各技術分野における成果のとりまとめに資することは明らかであることから、妥当である。

○ 安全強化に重点が置かれているが、これは当面の注力対象が新基準への適合性をクリアすることであり、かつ運転開始可能性が見えない現状では妥当と考えられる。

（研究開発の進め方）

○ 研究開発の進め方については、（前期研究計画の事後評価の際にも述べたように）従来の遅れの原因が原子力機構内部の問題にもあるとの認識から、原子力機構全体の組織体制と業務を抜本的に見直す状況のなか、特に「もんじゅ」を筆頭に、機動的な事業運営のための実施体制の整備を行ってきており、その効果が期待される。ただし、研究開発の前提ともなる新規制基準への対応については、原子力発電所の適合性

確認の進捗状況も勘案しつつ、遅れが生じないよう、特に留意する必要がある。

○ 「もんじゅの安全強化のための研究開発」(16 項目)について、再稼働申請のために必要な研究開発項目なのか、再稼働後の継続的安全性向上のための研究開発項目なのかを区別されたい。

○ 手順としては妥当と思われるが、措置命令が解除になり、年度が記入された工程が示されないとそれ以上の評価は難しい。

○ 今回示された個々の研究テーマとその進め方については、異存ない。

○ 「もんじゅ」の運転再開を目指し、新規制基準において新たに要求された重大事故対策等の対応を、堅い決意を持って実施する計画となっていることは評価できる。

○ 研究開発の進め方については、実施体制、外部機関との協力、運営資金の考え方は概ね自然であり、妥当である。ただし、(1)「もんじゅの安全強化のための研究開発」において、電力事業者の支援及び協力を得て実施するとあることについては、改善が必要と考える。

○ 「もんじゅ研究計画」では国際共同プロジェクトも念頭に置かれていたが、国際協力の視点は無いのか。

○ 「もんじゅ」の安全強化は、「もんじゅ」という実機の高速炉に対して、シビアアクシデントを含む安全性向上策を実装する貴重な機会となる。新規制基準が要求する性能水準に対して、どのような考え方で安全設備を設計し、設置することが効果的であるのかという観点までを含めて研究開発を進めることが望ましい。また、安全性向上策は、リスク低減への寄与が異なることから、PRA を用いて個別の安全性向上策の効果を定量的に評価する技術を継続的に開発していくべきである。

○ 研究開発のとりまとめについては、次世代にどのように技術を引き継いでいくのか、具体像をイメージしつつ進める必要がある。

(改善を要する点、その他)

○ 再稼働申請のために必要な研究開発項目は少ない、すなわち、既往の研究開発内容を基に対策実施できるのではないか。

○ ナトリウム冷却高速炉は、炉心の特性に鑑みて、シビアアクシデント対策に長い時間とリソースを費やしてきた研究成果がある。それらに上積みした安全強化の対策であることが分かるようにされたい。

○ 全般的に、各研究開発項目を実施するための「理由」、特に既往研究成果に対して何が新しい成果となるのかが不明瞭である。

○ 運転をともなう計画であるので、運転再開に向けた手順がまず先に来るものと思われる。それをもとに運転再開の時期および可能性を考慮して議論する必要があるのではないか。

○ 組織改革それにともなう保守・管理手法の確立も必要なのではないか。

○ 保安措置命令等を受けて見直しが行われながら、新しい新規制基準に適切に対応してきたことは評価に値するが、「もんじゅ」が再び運転できる強い意志・熱意をもっと表

して欲しい。

○ まだその段階には至っていないかも知れないが、本計画には「もんじゅ」の再稼働に向けた具体的手順は盛り込まれていない。従って、再稼働出来なかった場合も想定した計画も必要ではないか。

○ 「もんじゅ」が運転できていないという状況下で、7年という期間をいかに有効に使うか、どのような時間配分で物事を進めていくか、が重要と思われる。

○ 7年後の姿を見据えて（事後評価を想像しながら）研究開発計画を立てるべきである。

○ 新規制基準対応では、これまでの実用炉での実施状況を踏まえると、免震棟の建設や防潮堤のかさ上げなど、ある程度大規模な予算措置が必要になると予想される。第3期中長期計画においては、当初の予定として大規模な予算措置を行うことや、規制当局の審査によっては追加予算措置も必要となることを記述しておくべきではないか。

○ 電気事業者（電力事業者よりこちらの方が一般的。これはついでのコメント）は現在、「もんじゅ」改革推進・定着のため追加支援者を派遣しているが、これは期限付きの活動である。よって、「電気事業者の協力を得て」とすべきと考える。

○ 「高速炉サイクル技術の研究開発」に関して、エネルギー資源構成における原子力の位置づけ、割合など、国の将来の見通しが明確にされていない中で、最も優先度の高い課題は、「もんじゅ」の再稼動と考える。もう少し具体的に言えば、

① 保全・運営体制を再構築すること

保安規定への ISO9001(品質保証)の取込みによって、発電プラントでは、保全要員がそれまでの 3 倍に増えたプラントもあると聞いている。また、点検記録、交換記録などに関しても新規制基準や規制庁の方針から相当に綿密な対応が必要とされる状況に最近はなってきていることから、プラントメーカなど点検・設備更新の実施主体へも十分な手当てを考える必要がある。「もんじゅ」の優先度を踏まえ、また、法律を遵守する観点からも、経営として十分な対応をすることが重要と考える。

② 新規制基準への適合を図ること

③ 再稼動に向けた広報（PA）環境の整備を並行的に進めること

が最優先課題ではないかと思う。

この意味から、再処理等のその他の課題の優先順位は少々低いものと考える。

このような観点から、事前評価を行う。なお、国の政策が明確にされた時点で、改めて第3期中長期計画の見直しと事前評価をするのが適切ではないかと思う。

○ 保安措置命令が未だ解除されず、組織改革途上の現状からは次期評価期間も組織風土の見直しが引き続き問題になると思われる。これが研究の足を引っ張らない工夫が必要ではないか。

2. 高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発

（課題選定）

○ 「エネルギー基本計画」や「もんじゅ研究計画」を受けて課題を選定しており、妥当である。

○ シミュレーションシステムに関する2項目の研究について、適用目的と対象が不明瞭である。機器設計（改良を含む）、安全解析（許認可向け）、運転管理のどの場面で必要とされるのか、そのために必要な精度の関係を明確にされたい。

○ 高速炉のシビアアクシデント対策技術の国際化と仏国の実証炉（ASTRID: Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration）開発協力は、開発予算および研究資源の有効利用の観点からも妥当である。

○ 安全設計要件の国際標準化やシビアアクシデント防止・影響緩和技術という技術開発にとどまらず、プラントシミュレーションシステム開発に着手されることは、高速炉基盤技術の体系化を進め、技術体系の全体像を把握する意味で重要な仕事である。シビアアクシデント対策や安全設計の考え方などは日仏で共有化をすべき重要課題であると思う。

○ 課題選定については、「エネルギー基本計画」及び「もんじゅ研究計画」に示された基本的考え方に基づき、高速炉の安全性強化を目指した研究開発と、仏国とのASTRID 協力を通じた実証技術開発の大項目に展開しており、またそれぞれの大項目における具体的実施項目へのブレークダウンも適切であり、妥当と考える。

○ 予算が限定的な状況下では、妥当と考える。

（目的・目標）

○ 「高速増殖炉/高速炉の安全性強化を目指した研究開発」では国際標準となる安全設計要件の構築を目指した研究開発やシビアアクシデント防止・影響緩和に関する技術開発など、「ASTRID 開発協力を通じた実証技術開発」では開発協力と実証技術の総合評価を行うこととしており、妥当である。

○ 安全性向上と規制・規準化およびその国際化は高速炉開発に必須であり、逆にそのために機構の資源を活用するのも妥当である。

○ 高速炉基盤技術の整備として、高速炉プラントシミュレーションシステムを開発し、V&V（検証と妥当性確認）を体系的に実施していくという内容については、包括的かつ先端的な計画であると評価できる。

○ 目的・目標については、安全に関する国際標準を考慮し、国内における民間規格基準の整備を行い、シビアアクシデント対策検討の基礎となる国際間のプログラムを踏まえ、シビアアクシデント時の炉心の挙動把握を徹底し、構造・材料、熱流動等の技術分野における基礎とそれらの組合せ、V&V のためのデータベース構築、及び国際的取り組みを活用した我が国の技術開発と、網羅的かつ十分な深度で吟味されており、概ね妥当である。ただし、規格基準整備については、国の基準や、発電所としての運営管理まで含め、もう少しトータルに考える必要があるのではないか。

○ 重大事故時における FR プラントの挙動データを取得する研究開発は、非常に重要と評価する。また、国際協力を通じて行うことも予算制約の中、評価できる。
○ 機構論に基づく高速炉プラントシミュレーション技術の開発については、達成目標を明確にする必要がある。米国などでも、CASL（Consortium for Advanced Simulation of Light Water Reactor：軽水炉用先進シミュレーション・コンソーシアム），NEAMS（Nuclear Energy Advanced Modeling and Simulation Program：先進的モデリング・シミュレーション技術開発計画）などシミュレーション技術をベースにした開発が進められているが、必ずしも、当初の目的である安全性強化につながっている成果が得られているとは言えない。開発するシミュレーションシステムをどのような用途に使用するのか、どこまでを期待するのか、何を代替するのか、などについて良く検討する必要がある。

（見込まれる成果・効果）
○ 国際標準となる安全設計要件の構築を目指した研究開発や ASTRID 開発協力を通じた実証技術開発などを進めることにより、国際的な評価を受けるとともに、国際貢献を行うことができると見込まれる。
○ 動的な挙動を扱う研究（カザフスタン共和国における燃料溶融試験（EAGLE）や溶融移動挙動模擬試験（MELT）の2項目）と、発熱部を固定した研究（AtheNa-SA 試験：損傷炉心の冷却システムの有効性を示す根拠データ取得試験）の関係、同時並行に実施できる内容とは判断できない。
○ 安全性向上と規制・規準化およびその国際化の成果は規制・規準化に役立つだけで無く、国際的にもこの分野でイニシアティブをとることは重要である。
○ 見込まれる成果・効果については、各実施項目について、それぞれの目的・目標に適切に対応しており、妥当である。
○ データ取得に当たっては、「大丈夫だった」というだけでなく、「ここまでは何とか大丈夫だが、これ以上は無理」といったバッドデータの取得も心掛けてほしい。
○ 得られたデータを活用したコード開発を進めることも重要と評価する。

（研究開発の進め方）
○ 研究開発の進め方として、安全性向上や国際標準に関する国際協力については特に積極的に行うこととしており、効率性ばかりではなく、国際評価や国際貢献の観点からも妥当である。
○ 国内の研究資源と国際協力の基づくものが中心で、無理も少ないと思われる。
○ 高速炉基盤技術開発では将来の人材育成を前提に大学との研究連携を積極的に進めてほしい。高速炉実証技術の確立の意味からも ASTRID 協力は是非とも推進していただきたい。
○ 研究開発の進め方については、実施体制、外部機関との協力、運営資金の考え方は概ね自然であり、妥当である。
○ ASTRID の研究協力は、国際協力として重要であるが、一方で、知的財産権の保護な

ど、協力と相反する可能性がある点についても配慮することが必要である。

（改善を要する点、その他）

○ 研究開発成果を適用する対象が必要とする精度の程度（細かさ、粗さ）を考慮した計画を意識されたい。

○ 高機能化、高精度化、詳細化であることは望ましいが、リソースが限られていることから、メリハリをつけた計画とされたい。

○ 20～30 年前に実施している研究であっても、技術継承、人材育成の観点から、新たなツールを用いて再評価するという研究を設定することについては問題ないと考える。

○ 得られた成果を規制・規準化に生かすだけでなく、その過程で利用した研究資源や確立した手法等も広く国内外の研究機関等に解放してほしい。

○ 「もんじゅ」の研究開発とのリンクがどのようになっているのか分かりにくい。また、国や社会への説明内容や説明方法には工夫が必要であり、国民に分かりやすく丁寧に説明する手段を考えて欲しい。

○ 最終目標である高速炉の実証技術の確立に向けて行うべき研究開発の全体像を見せたうえで、その中での「安全性強化を目指した研究開発」の位置づけを明確にしてほしい。

○ 安全性強化を目指した研究開発として、大項目で3つ、小項目で8つ挙げられているが、これで7年間で所定の目標を達成するために必要不可欠なものだ（過不足ないものだ）ということを示されると良いと思う。

○ 安全性強化を目指した研究開発では、内的事象の過酷事故に関する研究が中心となっている。1F事故の教訓からは、外的事象や PRA も重要であり、これらに関する研究開発についてはあまり読み取れない。

○ 「民間規格」と「学協会規格」の用語が混在している。実態は、学協会内に中立的な標準委員会を形成して作成する規格であり、「学協会規格」が用語として相応しい。「民間規格」の用語の場合は、事業者のみで作成する規格であると誤解される恐れがある。

○ 国の新規制基準の整備についても機構の貢献が必須と考えられること、また「もんじゅ」との役割分担が必要かもしれないが、高速炉の品質保証、保守管理等に関する規格基準の整備についても視野に入れるべきと考える。

○ ASTRID 関連と国際協力は相手のある話であり、相手から想定外の要求があった場合の対応を考えておく必要があるのではないか。

○ 「国際標準化」については日本の主観でなく、日本が世界から客観的にどう見られているかの視点も必要である。

○ 要員の数や予算を言い訳にしないよう、若干の政策変更があっても対応可能なことが望ましい。

3. 使用済燃料の再処理・燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発

（課題選定）

○ 「エネルギー基本計画」で、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を有効利用する核燃料サイクルの推進を基本方針として、放射性廃棄物の減容化・有害度低減のための技術開発を推進するとの方針が示されていることを受けて課題を選定しており、妥当である。

○ ADS サイクルの先行きは不透明と考えるが、MA 抽出までは必要な技術であり、妥当な計画と判断する。

○ 本来の核燃料サイクル確立のための技術開発であり妥当である。

○ 背景、全体の流れを踏まえたうえで、必要不可欠な計画が立てられている。

○ 再処理技術として共抽出技術とMOX燃料再処理技術の開発を選定したことは妥当と判断する。特にMOX燃料製造技術は「放射性廃棄物の減容化・有害度低減技術」に不可欠であり、重点的にすすめるべき課題である。MA 分離技術開発を開発課題としていることは妥当であるが、高レベル放射性廃液を用いた小規模 MA サイクル実証試験が連続抽出プロセス規模を意味しているとするとかなりハードルが高いと思われる。

○ 課題選定については、「エネルギー基本計画」における核燃料サイクル推進の基本方針と、放射性廃棄物の減容化・有害度低減のための技術開発推進の方針を踏まえ、使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発と、適切に大項目の課題への展開が行われ、それぞれの大項目における具体的実施項目へのブレークダウンも適切であり、妥当と考える。

○ プラント側の開発目標との整合性が若干気になるが、それ以外では違和感なし。

○ 課題が従来の延長線上で描かれており、1F事故後の外的情勢の変化に対応したものになっているかどうか、良く検討することが必要である。国の施策との関連が大きいことから、場合によっては、計画を中間段階で見直すステップを設けておいた方が、円滑に研究を実施できる可能性もあると考えられる。

（目的・目標）

○ 「エネルギー基本計画」で示された方針に従い、「使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発」では、特に軽水炉から高速炉への移行期に関する再処理技術開発とMOX燃料製造技術開発、「放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発」ではマイナーアクチニドの分離変換のための高速炉及び ADS の共通基盤技術の研究開発と高速炉を用いた核変換技術の研究開発として、枢要技術の成立性に係るデータを取得しその見通しを得ることとしており、妥当である。

○ FaCT の時と異なり、いつまでにどの技術を実用化するのかが明確でなく、実用化レベルの異なる複数の技術が個別に開発されようとしているように見える。

○ 目的・目標については、燃料製造、再処理のための基盤的要素技術の開発、システムとしての成立性、設計見通しを得る等、適切に定められており、妥当である。

（見込まれる成果・効果）

○ 目標の達成により、枢要技術の成立性に係るデータを取得しその見通しを得ることができる。

○ 炉心設計手法関連研究では、サイクル長、核動特性の影響（定格運転時、過渡時）、シビアアクシデントに対する影響因子とそれらの不確かさの観点（核データへのフィードバックを含む）からも検討を行われたい。

○ いずれの成果もそれぞれのプロセスに必要な技術と思われるが、それらを総合すると、どのような核燃料サイクルがいつ頃描けるのか示してほしい。

○ 見込まれる成果・効果については、各実施項目について、それぞれの目的・目標に適切に対応しており、妥当である。

（研究開発の進め方）

○ 「MOX 燃料製造技術開発」において、原子力機構殿の有する技術・知見と、アウトソーシング（メーカー等へ）する範囲を明確にされたい。

○ 「常陽」を用いた照射試験は、計画通りに進捗しない場合の余裕を考慮されたい。

○ この分野では国内ではあまり連携できる機関が少ないので、高速炉における ASTRID のように海外との共同研究を進めてはどうか。

○ 抽出プロセスの選定、基礎データ取得、プロセス設計、連続試験のすべてを第3期中長期計画で行うには時間的に苦しくはないか心配である。また、核変換技術試験に供する均質 MA サイクル MOX 燃料の製造技術開発は分離プロセス研究が連続分離試験・フローシート構築段階にまで至らないと難しい。第3期中長期計画だけでなく第4期以降を踏まえた長期計画が必要な課題である。

○ 研究開発の進め方については、実施体制、外部機関との協力、運営資金の考え方は概ね自然であり、妥当である。

（改善を要する点、その他）

○ 再処理や燃料製造に関する技術開発については、個々の要素技術についてはもちろん、システムとしての成立性に関するデータが重要であることに留意する必要がある。

○ 前期研究計画の事後評価の際にも述べたように、炉システムの研究開発に比べて、核燃料サイクルシステムの研究開発は遅れている。放射性廃棄物の減容化・有害度低減を目指した研究開発においては、炉システムと同様、核燃料サイクルシステムの研究開発が重要であり、遅れが生じないよう、留意する必要がある。

○ 既往研究の成果とその段階での課題があり、それらを踏まえた新規研究計画であることが分かりにくい。

○ 過去の研究とは何が異なるのか、何が新たに生み出されるのかを明確にされたい。

○ 国の政策が決まっていないこともあると思うが、年度計画に年号が入っていないのと、FaCT のようにいつまでのどの技術を実用化するのか明確では無いので、判断しにくい。

○ ADS の箇所以外は、ナトリウム冷却高速炉、酸化物燃料ペレット、湿式再処理を（少なくとも当該部門においては）前提にされた計画を立てているようだが、その前提を計画中で明記することは難しいのか。

○ 7年間ですべての計画を実施できるのか？目標達成できるのか？という点で少し疑問が残る（つまり、ボリューム大なのではないか）。

○ 東海の再処理工場の廃止を表明した中で、高速炉燃料の再処理技術や燃料製造技術をどのように維持していく方針であるのかが読み取りにくい。

○ 放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発は MA 分離プロセス開発と MA サイクル MOX 燃料製造共に計画に無理がないか心配である。第3期中長期計画だけでなく第4期以降を踏まえた長期開発計画を示して欲しい。

○ 「再処理等の技術開発」に係る要望・期待は次のとおり。

① MA を高レベル廃液の中から 99%回収できる技術の成立性を示すこと。

② MA 含有燃料の遠隔保守性の検討に当たっては、ガラス固化、前処理など遠隔保守作業を実施している現場の実態・意見も十分に踏まえて検討を進めていただきたい。

③ 抽出クロマトグラフィについては、メンテナンス、その他周辺で必要とされる要件についても十分に詰めていただきたい。

④ 廃棄物の低減の観点から、ソルト・フリープロセス、リンなどの廃棄物成分を含まない溶媒の開発を進めていただきたい。

⑤ 第3期中長期計画では困難かも知れないが、MOX 使用済燃料の溶解特性データの取得、高燃焼度領域や MOX 燃料の ORIGEN コードの確証も進めていただきたい。

以上

付録（日本原子力研究開発機構資料）

添付資料 1　研究開発課題の事前評価について（諮問）

添付資料 2　第3期中期計画に向けた課題と原子力機構の措置

添付資料 3　高速炉サイクル研究開発・評価委員会説明資料（CD-ROM 参照）

資料 3-1　高速炉サイクル研究開発・評価委員会の位置付けと評価方法について

資料 3-2　【事前評価】高速炉サイクル技術の研究開発

資料 3-3　【事前評価】1.高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発

資料 3-4　【事前評価】2.高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発

資料 3-5　【事前評価】3.使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発

This is a blank page.

添付資料1

研究開発課題の事前評価について（諮問）

This is a blank page.

平成 26 年 10 月 22 日

研究開発・評価委員会
（高速炉サイクル研究開発・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 松浦 祥次郎

研究開発課題の事後評価及び事前評価について （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。

記

〔諮問事項〕

・「「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」に関する事後評価
・「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」に関する事後評価
・「高速炉サイクル技術の研究開発」に関する事前評価

以 上

This is a blank page.

添付資料2

第 3 期中期計画に向けた課題と原子力機構の措置

This is a blank page.

第3期中期計画に向けた課題と原子力機構の措置

（1）高速増殖原型炉「もんじゅ」における研究開発

	第3期中長期計画に向けた課題	措置
1	第3期中期計画の間にこれだけの研究開発を行って成果を取りまとめるには時間的にタイトで、まずは新規制基準への対応を進め、再稼働・フル出力運転を早期に実現していただきたい。	「もんじゅ」の早期運転再開を目指し、まずは、設置変更許可申請、設備改造工事計画、保安規定変更及び設備改造工事対応を最優先に進めていく。「もんじゅ」運転再開後の成果の取りまとめについては、必要なデータが得られる運転の開始前から準備を進め、運転再開後に実施する性能試験終了後、できるだけ早期に結果を出せるようにしていく。
2	運転をともなう計画であるので、運転再開に向けた手順がまず先に来るものと思われる。それをもとに運転再開の時期および可能性を考慮して議論する必要があるのではないか。	運転再開には、設置変更許可申請、設備改造工事計画、保安規定変更、設備工事を順次実施することが必要である。現状ではそのために必要な原子力規制委員会による新規制基準の改定の時期も示されておらず、運転再開時期を示すことは難しい。このような状況ではあるが、第3期中長期目標の期間中には、再稼働できるように最大限の努力をしていく。
3	まだその段階には至っていないかも知れないが、本計画には「もんじゅ」の再稼働に向けた具体的手順は盛り込まれていない。従って、再稼働出来なかった場合も想定した計画も必要ではないか。	「もんじゅ」の再稼働には、設置変更許可申請、設備改造工事計画、保安規定変更及び設備工事を順次実施することが必要である。その後、「もんじゅ研究計画」に沿って研究開発成果を出していくことを考えており、現時点で再稼働できなかった場合の計画を策定することは考えていない。

	第3期中長期計画に向けた課題	措置
4	「もんじゅ」が運転できていないという状況下で、7年という期間をいかに有効に使うか、どのような時間配分で物事を進めていくか、が重要と思われる。	まずは、「もんじゅ」の早期運転再開を目指していく。 運転再開までの期間中、運転再開に向けた設置変更許可申請、設備改造工事計画等への対応を最優先で進めるが、これらの活動を実施する中で生じる課題を解決していくことは、研究開発の一環とみなすことができ、運転再開前であっても一定の成果を得ることが期待できる。また、性能試験後の評価に用いる解析コードの整備等、運転再開前にできる作業は極力実施しておき、試験後の評価を速やかに実施できるよう準備していく。
5	「高速炉サイクル技術の研究開発」に関して、エネルギー資源構成における原子力の位置づけ、割合など、国の将来の見通しが明確にされていない中で、最も優先度の高い課題は、「もんじゅ」の再稼動と考える。もう少し具体的に言えば、 ①保全・運営体制を再構築すること ②新規制基準への適合を図ること ③再稼動に向けた PA（広報）環境の整備を並行的に進めること が、最優先課題ではないかと思う。	優先度の高い課題は指摘のとおり。 ①「もんじゅ改革」では、保守管理体制、品質保証体制の再構築を進めてきたところ。今後は、改革の定着を図っていく。 ②新規制基準への対応は、原子力規制委員会において早期に新規制規準の見直しが行われるよう、「高速増速原型炉もんじゅの安全確保の考え方」の取りまとめ、これの原子力規制庁への説明、国内及び国際レビューの実施等を行っている。また、設置変更許可申請、設備改造工事計画及び保安規定変更の申請に向け準備を進めている。 ③「もんじゅ」の運転再開に当たっては、地域を初めとする国民からの理解を得ることが必須である。そのためにトラブル発生時の迅速かつ正確な情報発信や平常時における施設の安全性に係る事項や日々の活動状況、研究開発の成果やその意義等について、積極的かつ分

	第3期中長期計画に向けた課題	措置
		かりやすく情報発信を行っていく。
6	組織改革それにともなう保守・管理手法の確立も必要なのではないか。	保守・管理手法の確立の必要性から、「もんじゅ改革」では、保守管理体制、品質保証体制の再構築を実施してきたところであり、改革の定着を進めていく。
7	保安措置命令が未だ解除されず、組織改革途上の現状からは次期評価期間も組織風土の見直しが引き続き問題になると思われる。これが研究の足を引っ張らない工夫が必要ではないか。	まずは、改革を成し遂げ、保安措置命令を解除した上で、運転再開を最優先課題として対応していく。ただし、過去に取得したデータを用いた研究開発、運転再開のための課題解決の過程で実施する研究開発、及び性能試験の準備の過程で実施する研究開発もできる限り進めていく。
8	研究開発の前提ともなる新規制基準への対応については、原子力発電所の適合性確認の進捗状況も勘案しつつ、遅れが生じないよう、特に留意する必要がある。	新規制基準への対応については、先行している軽水炉の審査状況を十分把握し、火災や自然現象への対応等、軽水炉と同様の部分については、参考にして進めるなど、審査前の準備を適切に行う。
9	「もんじゅ」の安全強化は、「もんじゅ」という実機の高速炉に対して、シビアアクシデントを含む安全性向上策を実装する貴重な機会となる。新規制基準が要求する性能水準に対して、どのような考え方で安全設備を設計し、設置することが効果的であるのかという観点までを含めて研究開発を進めることが望ましい。また、安全性向上策は、リスク低減への寄与が異なることから、確率論的リスク評価	「もんじゅ」の安全審査は、今後の高速炉の安全審査のひな形となるものと考えている。これまでに、「もんじゅの安全確保の考え方」をまとめており、その考え方を踏まえ、効果的な設備対策等についても安全審査対応の中で検討を進めていく。 また、確率論的リスク評価（PRA）を用いた安全性向上策の効果の評価手法については、「もんじゅ」実機を対象として、地震・津波等の幅広い外部事象を対象に安全性向上策の効果の評価を実施するとと

	第3期中長期計画に向けた課題	措置
	(PRA)を用いて個別の安全性向上策の効果を定量的に評価する技術を継続的に開発していくべきである。	もに、それらを通じて、高速炉のシビアアクシデントの評価技術を構築する。
10	新規制基準対応では、これまでの実用炉での実施状況を踏まえると、免震棟の建設や防潮堤のかさ上げなど、ある程度大規模な予算措置が必要になると予想される。中長期計画においては、当初の予定として大規模な予算措置を行うことや、規制当局の審査によっては追加予算措置も必要となることを記述しておくべきではないか。	新規制基準対応のために必要となる対策の設計・工事等の予算については、必要十分な予算の要求を行っていく。
11	「もんじゅ」における新規制基準適合の際に得られた知見などを高速炉の安全設計要件などにフィードバックすることを検討しても良いのではないか。	「もんじゅ」の安全審査は、今後の高速炉の安全審査のひな形となるものと考えており、安全審査対応の中で検討される安全設計の考え方、効果的な設備対策等については、必要に応じて高速炉の安全設計要件にフィードバックしていく。
12	再稼働申請のために必要な研究開発項目は少ない、すなわち、既往の研究開発内容を基に対策実施できるのではないか。	既往の研究開発内容を適用していくとともに、新たな知見に基づく検討も実施し、最新の内容で対策を検討する。例えば、原子炉停止機能喪失時の事象の推移の評価には、最新の知見(炉心溶融試験や解析コードの高度化)に基づく評価を行う。
13	レベル4事故への対策として、放射化ナトリウムの挙動を検討するとしているのは、適切と考えるが、「本当にどのような核種が、どれだけ放出されるのか」という点につい	主要放射性核種の移行挙動評価の信頼性を向上させるための定量的データとして、セシウムのカバーガス空間への移行割合の定量化等、放射性物質移行過程を対象に、新設したナトリウム工学研究施設

	第3期中長期計画に向けた課題	措置
	て、是非、実験によるデータ取得を進めていただきたい。この部分の実データが補強されると、重大事故対策についての本当の意味での相場感が形成でき、将来に非常に役立つデータとなるものと考える。	における非放射性物質を使用した試験により取得していく計画である。
14	「もんじゅの安全強化のための研究開発」内容において、ソフト面（実施手順、教育・訓練、体制の確保など）での対策の内容に乏しい。	シビアアクシデント対策の充実とその実証的な確認や訓練・運用については、「もんじゅ研究計画」の「シビアアクシデントマネジメント策の整備」に計画が記載されており、「もんじゅ」に対するシビアアクシデント手順書を整備し、訓練等を通じて適用性を実証していく計画である。
15	「もんじゅ研究計画」では国際共同プロジェクトも念頭に置かれていたが、国際協力の視点は無いのか。	現在も第4世代炉国際フォーラム（GIF）における「もんじゅ」を用いたアクチニドサイクルの国際実証（GACIDプロジェクト）やIAEAによる「もんじゅ」共同研究プロジェクトを実施しており、これらについては引き続き実施する。さらに必要に応じて、2か国間や多国間の共同研究も実施していく。
16	研究開発のとりまとめについては、次世代にどのように技術を引き継いでいくのか、具体像をイメージしつつ進める必要がある。	「もんじゅ研究計画」では、高速増殖炉開発における技術の重要度及び「もんじゅ」を利用することの優先度の観点から技術項目を抽出し、成果の取りまとめに必要な項目を絞り込んでおり、それらについて成果の取りまとめを行う。研究開発成果の取りまとめに当たっては、次世代に引き継いでいくことを大前提に、得られた知見を体系的に取りまとめていく。

（2）高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発

	第3期中長期計画に向けた課題	措置
1	リソースが限られていることを踏まえ、研究開発成果を適用する対象が必要とする精度の程度（細かさ、粗さ）を考慮しつつメリハリのある計画とされたい。	研究開発の優先順位付けや成果の反映先を踏まえた研究規模の適正化を図り、国際協力を活用しつつ研究開発を進める。
2	データ取得に当たっては、「大丈夫だった」というだけでなく、「ここまでは何とか大丈夫だが、これ以上は無理」といったバッドデータの取得も心掛けてほしい。	技術の限界を示すためにバッドデータを取得しその検討をすることも重要と考えており、その点も踏まえ研究開発を進めたい。
3	安全性強化を目指した研究開発では、内的事象の過酷事故に関する研究が中心となっている。1F事故の教訓からは、外的事象や確率論的リスク評価（PRA）も重要であり、これらに関する研究開発についてはあまり読み取れない。	シビアアクシデント防止・緩和技術の開発における安全評価において確率論的リスク評価（PRA）を含めて実施予定である。
4	ASTRID関連と国際協力は相手のある話であり、相手から想定外の要求があった場合の対応を考えておく必要がある。	国際協力においては相手国の事情により計画の変更を余儀なくされる可能性も考えられるため、緊密かつタイムリーな相手国との協議により計画の見直しをすることやあらかじめ幅広な計画を検討しておくなど、状況に応じて適切な対応を取れるようにしたい。
5	ASTRIDの研究協力は、国際協力として重要であるが、一方で、知的財産権の保護など、協力と相反する可能性	知的財産権の扱いについては協力に当たっての実施機関間取決めでも規定しており我が国に不利をきたさないよう開発協力を進める

	第3期中長期計画に向けた課題	措置
	がある点についても配慮することが必要である。	所存である。
6	「国際標準化」については日本の主観でなく、日本が世界から客観的にどう見られているかの視点も必要である。	国際標準化に当たっては我が国の独りよがりになることなく国際協力において各国が協調して客観的な認識を共有しながら進めていく。
7	規格基準整備については、国の基準や、発電所としての運営管理まで含め、もう少しトータルに考える必要があるのではないか。	指摘の点を留意しつつ、規制基準との整合性や詳細規定の在り方についても検討を行いながら、規格基準整備の取組を進める。
8	高速炉の品質保証、保守管理等に関する規格基準の整備についても視野に入れるべき。	次期中長期目標期間においては、高速炉の保守管理に関しては検査技術等を含む規格・基準整備のための研究開発を品質保証の考え方と整合する形で実施する計画としている。
9	得られた成果は規制・規準化に生かすだけでなく、その過程で利用した研究資源や確立した手法等を広く国内外の研究機関等に解放してほしい。	研究開発を通して得られた成果は高速炉の技術基盤の構築のために重要なものが含まれるため、必要なノウハウ管理等を行った上で、大学や研究機関等との連携においては成果を共有できるようにしていきたい。
10	シミュレーションシステムに関する2項目の研究について、適用目的と対象が不明瞭である。機器設計（改良を含む）、安全解析（許認可向け）、運転管理のどの場面で必要とされるのか、そのために必要な精度の関係を明確にさ	高速炉の安全性・信頼性向上、設計最適化、革新技術開発さらには安全審査等対応の基盤ツールとして、また、研究開発効率化（大型試験の代替含む。）、知見／技術集約・伝承、人材育成の手段としてシステム開発とそのモデル化・検証を支える試験データベース構築を実施する。評価目的に応じて必要となる精度は異なるが、本システム

	第3期中長期計画に向けた課題	措置
	れたい。	は簡易／詳細モデルの選択などニーズに対応可能なフレキシビリティを備えるべく整備する計画である。
11	機構論に基づく高速炉プラントシミュレーション技術の開発については、達成目標を明確にする必要がある。米国などでも、CASL（軽水炉シミュレーション・コンソーシアム），NEAMS（先進的モデリング・シミュレーション技術開発計画）などシミュレーション技術をベースにした開発が進められているが、必ずしも、当初の目的である安全性強化につながっている成果が得られているとは言えない。開発するシミュレーションシステムをどのような用途に使用するのか、どこまでを期待するのか、何を代替するのか、などについて良く検討する必要がある。	高速炉の安全性・信頼性向上、設計最適化、革新技術開発、さらには安全審査等対応に資する基盤ツールとしての技術開発が目標となるが、指摘の点も踏まえ、ニーズの優先度・難易度と開発リソースを十分に勘案し、これまでに培った技術と新規開発を適切に組み合わせることで効率的にかつ着実に成果が得られるように開発を進める。
12	高速炉基盤技術開発では将来の人材育成を前提に大学との研究連携を積極的に進めてほしい。	大学等研究機関との連携は高速炉技術基盤の維持の取組においても重要なことであり、共同研究などの研究開発活動を通して技術開発のみならず優秀な人材の育成にも貢献していきたい。
13	要員の数や予算を言い訳にしないよう、若干の政策変更があっても対応可能なことが望ましい。	状況変化にも適応できるよう柔軟性をもった計画管理の下で今後も研究開発を進めていく所存である。
14	もんじゅの研究開発とのリンクがどのようになっているのか分かりにくい。また、国や社会への説明内容や説明方法	もんじゅの研究開発との関係では「もんじゅ研究計画」で示された内容を踏まえてもんじゅと大洗など他拠点とで分担して研究開発を実施

	第3期中長期計画に向けた課題	措置
	には工夫が必要であり、国民に分かりやすく丁寧に説明する手段を考えて欲しい。	していくものである。国や社会へは広報部とも連携して丁寧で分かりやすく説明するアウトリーチ活動を展開するよう努めたい。

（3）使用済燃料の再処理・燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発

	第3期中長期計画に向けた課題	措置
1	国の政策が決まっていないこともあると思うが、年度計画に年号が入っていないのと、FaCTのようにいつまでのどの技術を実用化するのか明確では無いので、判断しにくい。	当面は技術の見通し評価のための試験を中心に進める計画としており、この見通しを受けて技術の実用化に向けた開発計画について、年次展開を含めて検討する。
2	課題が従来の延長線上で描かれており、1F事故後の外的情勢の変化に対応したものになっているかどうか、良く検討することが必要である。国の施策との関連が大きいことから、場合によっては、計画を中間段階で見直すステップを設けておいた方が、円滑に研究を実施できる可能性もあると考えられる。	新たに閣議決定されたエネルギー基本計画に従い、第3期中長期計画の検討を進めている。第3期中長期目標期間中には中間段階の時点で評価・見直しを行う予定であり、国の施策の変更があった場合には、それを見直しに反映する。
3	「常陽」を用いた照射試験は、計画通りに進捗しない場合の余裕を考慮されたい。	「常陽」を用いた照射試験が計画どおり進まない見通しとなった場合には、スケジュールの遅れの影響を緩和する方策や代替手段の工夫など目標とする評価結果を得る計画を検討する。
4	前期研究計画の事後評価の際にも述べたように、炉システムの研究開発に比べて、核燃料サイクルシステムの研究開発は遅れている。 廃棄物減容・有害度低減を目指した研究開発においては、核燃料サイクルシステムの研究開発が重要であり、遅れが生じないよう、留意する必要が	核燃料サイクルシステムの研究開発では、既存の施設を使った小規模 MA サイクル実証試験（SmART サイクル試験）などを進めつつ、システム概念に関する検討を行い、工学レベルの試験を行う計画を検討する。 第3期中長期計画においては、利用できる研究開発資源に合わ

	第3期中長期計画に向けた課題	措置
	ある。	せ、その最大限の活用を図りつつ柔軟な運用が可能な計画を検討し、中長期計画の目標達成を目指すことを考えている。
5	放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発はMA分離プロセス開発とMAサイクルMOX燃料製造共に計画に無理がないか心配である。第3期中期計画だけでなく第4期以降を踏まえた長期開発計画を示して欲しい。	第3期中長期計画において、MA分離プロセス開発とMAサイクルMOX燃料製造の基本技術の見通し評価のための試験を進める。この見通しを受けて実用化に向けた開発計画について、年次展開を含めて検討する。
6	いずれの成果もそれぞれのプロセスに必要な技術と思われるが、それらを総合すると、どのような核燃料サイクルがいつ頃描けるのか示してほしい。	放射性廃棄物の減容化・有害度低減を目指した研究開発については、第3期中長期計画において、MA分離回収、MA燃料製造及び照射に向けた検討を進め、その後に核燃料サイクルの全体像を検討する。
7	この分野では国内ではあまり連携できる機関が少ないので、高速炉におけるASTRIDのように海外との共同研究を進めてはどうか。	米仏等との国際協力の可能性を追及し、その具体化により効率的で有効な開発を進める方策を探っていく。
8	炉心設計手法関連研究では、サイクル長、核動特性の影響（定格運転時、過渡時）、シビアアクシデントに対する影響因子とそれらの不確かさの観点（核データへのフィードバックを含む）からも検討を行われたい。	炉心設計手法の検証として不確かさ評価の方法論を確立することを目指して研究開発を進めるもので、サイクル長の炉心特性への影響、核動特性やシビアアクシデント時の炉心反応度の振る舞いにも関連する核的な動特性パラメータ（遅発中性子先行核割合、崩壊定数など）に関する検討など指摘の事項を含め検討する。

	第3期中長期計画に向けた課題	措置
9	再処理や燃料製造に関する技術開発については、個々の要素技術についてはもちろん、システムとしての成立性に関するデータが重要であることに留意する必要がある。	再処理や燃料製造に関する個々の要素技術開発に基づくシステム概念に関する検討を行いシステム成立性に関するデータの取得計画を検討する。
10	MA含有燃料の遠隔保守性の検討に当たっては、ガラス固化、前処理など遠隔保守作業を実施している現場の実態・意見も十分に踏まえて検討を進めていただきたい。	MA含有燃料の遠隔保守の検討に当たっては、現場の実態・意見も十分に踏まえて検討する。
11	抽出プロセスの選定、基礎データ取得、プロセス設計、連続試験のすべてを第3期中長期計画で行うには時間的に苦しくはないか心配である。また、核変換技術試験に供する均質MAサイクルMOX燃料の製造技術開発は分離プロセス研究が連続分離試験・フローシート構築段階にまで至らないと難しい。第3期中長期計画だけでなく第4期以降を踏まえた長期計画が必要な課題である。	第3期中長期計画ではMA分離プロセスの選定に資する性能評価及びフローシート評価を中心に計画している。小規模MAサイクル実証試験（SmARTサイクル試験）を進めることにより、MAリサイクルの分離回収に係る技術成立性の見通しを得ることを目標としている。また、これらの成果を踏まえより長期の開発計画を検討する。
12	MA分離技術開発を開発課題としていることは妥当であるが、高レベル放射性廃液を用いた小規模MAサイクル実証試験が連続抽出プロセス規模を意味しているとするとかなりハードルが高いと思われる。	小規模MAサイクル実証試験（SmARTサイクル試験）では、使用済燃料中のMAを分離回収し、その原料を出発として、燃料製造、炉内照射及び照射後試験の一連のサイクルから、MAの変換挙動等を評価することを目的としている。この試験に供給するMAについては、連続抽出プロセスではなく、CPFで所持する比較的MA含有率が高い「常陽」の使用済燃料を基に、得られた抽出残渣（高レベル放射性廃

	第3期中長期計画に向けた課題	措置
		液）から抽出クロマトグラフィ技術によるバッチ処理を繰り返すことで、所定量（Am,Cm計1g規模）のMAを回収する計画である。
13	抽出クロマトグラフィのメンテナンス、その他周辺で必要とされる技術についても十分に詰めていただきたい。	抽出クロマトグラフィ法における機器の保守等については、高速増殖炉サイクル実用化研究開発（FaCTプロジェクト）フェーズIで基礎的検討を実施しているが、更なる評価が必要と認識している。本件については今後の開発計画の中で進め方を検討する。
14	廃棄物低減の観点から、ソルト・フリープロセス、リンなどの廃棄物成分を含まない溶媒の開発を進めていただきたい。	ソルト・フリープロセスは高速増殖炉サイクル実用化研究開発（FaCTプロジェクト） フェーズIで開発を進めてきており、今後の開発についても、今後の開発計画の中で進め方を検討する。また現状、アミド系など廃棄物負担の低減を考慮した新抽出剤開発を進めている。
15	「MOX燃料製造技術開発」において、原子力機構殿の有する技術・知見と、アウトソーシング（メーカー等へ）する範囲を明確にされたい。	機構が有する技術を反映した試験設備を含む燃料製造機器の開発・整備は、メーカー等と協力して進める必要があり、この部分をアウトソーシングすることで、メーカー等の持つ最新知見やノウハウを最大限活用する考えである。今後、メーカー等と相談しながら、アウトソーシングする範囲を具体化する。

This is a blank page.

添付資料3

高速炉サイクル研究開発・評価委員会説明資料（CD-ROM 参照）

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 組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m^2
体積	立方メートル	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	キログラム毎立方メートル	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	$m^{-3}\ s\ A$
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ s\ A$
電束密度，電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2}\ s\ A$
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	$kg^{-1}\ s\ A$
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	名称	記号	乗数	名称	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=60 s
時	h	1 h =60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	’	1’=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	”	1”=(1/60)’=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 $hm^2=10^4m^2$
リットル	L，l	1 L=1 l=1 $dm^3=10^3cm^3=10^{-3}m^3$
トン	t	1 t=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	1 eV=1.602 176 53(14)×10^{-19}J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10^{-27}kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10^{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=100 kPa=10^5Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg≈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	
デシベル	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}=$10^{-2}ms^{-2}$
マクスウエル	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[a]	Oe	1 Oe ≙ $(10^3/4\pi)$A m^{-1}

(a) 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=3.7×10^{10}Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10^{-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	1 γ=1 nT=10^{-9}T
フェルミ		1 フェルミ=1 fm=10^{-15}m
メートル系カラット		1 メートル系カラット= 0.2 g = 2×10^{-4}kg
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	1 cal=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）