

平成 30 年度 研究開発・評価報告書
評価課題「原子力基礎工学研究」(中間評価)

Assessment Report of Research and Development Activities in FY 2018

Activity: "Nuclear Science and Engineering Research"

(Interim Evaluation)

原子力科学研究部門 原子力科学研究所 原子力基礎工学研究センター
システム計算科学センター

Nuclear Science and Engineering Center, Nuclear Science Research Institute,
Sector of Nuclear Science Research
Center for Computational Science and e-Systems

June 2019

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 (<https://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, 2019

平成 30 年度 研究開発・評価報告書
評価課題「原子力基礎工学研究」（中間評価）

日本原子力研究開発機構
原子力科学研究部門 原子力科学研究所 原子力基礎工学研究センター
システム計算科学センター

（2019 年 4 月 18 日受理）

国立研究開発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 28 年 12 月 21 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 29 年 4 月 1 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 30 年 3 月 29 日改正）等に基づき、原子力基礎工学研究に関する中間評価を原子力基礎工学研究・評価委員会に諮問した。

これを受けて、原子力基礎工学研究・評価委員会は、本委員会によって定められた評価方法に従い、原子力機構から提出された原子力基礎工学研究センターとシステム計算科学センターの運営、及び原子力基礎工学研究の実施に関する説明資料の検討、並びに口頭発表と質疑応答を行った。

本報告書は、原子力基礎工学研究・評価委員会より提出された中間評価の内容をまとめるとともに、「評価結果（答申書）」を添付したものである。

本報告書は、研究開発・評価委員会（原子力基礎工学研究・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 原子力科学研究部門 原子力科学研究所 原子力基礎工学研究センター
研究推進室（事務局）

原子力科学研究所：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地 4

Assessment Report of Research and Development Activities in FY 2018

Activity: “Nuclear Science and Engineering Research”

(Interim Evaluation)

Nuclear Science and Engineering Center, Nuclear Science Research Institute,

Sector of Nuclear Science Research

Center for Computational Science and e-Systems

Japan Atomic Energy Agency

Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received April 18, 2019)

Japan Atomic Energy Agency (hereinafter referred to as “JAEA”) consults an assessment committee, “Evaluation Committee of Research Activities for Nuclear Science and Engineering” (hereinafter referred to as “Committee”) for interim evaluation of “Nuclear Science and Engineering”, in accordance with “General Guideline for the Evaluation of Government Research and Development (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 of R&D Activities” by the JAEA.

In response to the JAEA’s request, the Committee assessed the research program of the Nuclear Science and Engineering Center (hereinafter referred to as “NSEC”) and Center for Computational Science and e-Systems (hereinafter referred to as “CCSE”). The Committee evaluated the management and research activities of the NSEC and the CCSE based on explanatory documents prepared by the NSEC and the CCSE, and oral presentations with questions-and-answers.

Keyword: Nuclear Science and Engineering

This evaluation report presents the result of third-party evaluation conducted based on the “General Guideline for Evaluation of Government R&D Activities” by Japanese Cabinet Office, etc.

Research Co-ordination and Promotion Office, Nuclear Science and Engineering Center, Nuclear Science Research Institute, Sector of Nuclear Science Research, JAEA (Secretariat)

目 次

1. 概 要	1
2. 原子力基礎工学研究・評価委員会の構成	2
3. 審議経過	4
4. 評価方法	5
5. 評価結果（答申書）	6
付録 （日本原子力研究開発機構作成資料）	27

Contents

1. Outline	1
2. Evaluation Committee of Research Activities for Nuclear Science and Engineering	2
3. Status of evaluation	4
4. Procedure of evaluation	5
5. Results of evaluation (Committee Report)	6
Appendix (documents prepared by Japan Atomic Energy Agency)	27

This is a blank page.

1. 概 要

国立研究開発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 28 年 12 月 21 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 29 年 4 月 1 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 30 年 3 月 29 日改正）等に基づき、原子力基礎工学研究に関する中間評価を原子力基礎工学研究・評価委員会に諮問した。

これを受けて、原子力基礎工学研究・評価委員会は、本委員会によって定められた評価方法に従い、原子力機構から提出された原子力基礎工学研究センター及びシステム計算科学センターの運営、原子力基礎工学研究の実施に関する説明資料の検討、並びに口頭発表と質疑応答を行った。

評価対象期間は、第 3 期中長期目標期間開始（平成 27 年 4 月 1 日）から平成 30 年 11 月 28 日までとし、評価を行った。

委員会において、「適切なマネジメントの下、今後の原子力を牽引する成果や大きな波及効果が見込まれることから、特に顕著な成果の創出が認められる。」と評された。

2. 原子力基礎工学研究・評価委員会の構成

本委員会は平成 18 年 4 月 1 日に設置され、評価を実施した時点で表 1 の 11 名の委員から構成されている。また、本委員会の下には、表 2 の 6 名の委員から構成される計算科学技術研究専門部会と高速炉サイクル研究開発・評価委員会と合同で設置した表 3 の 10 名の委員から構成される分離変換技術研究専門部会が設置されている。

表 1 原子力基礎工学研究・評価委員会委員

役職	氏 名	所 属 ・ 職 位
委員長	大橋 弘忠	東京大学大学院 工学系研究科 名誉教授
委員	池田 泰久	東京工業大学 科学技術創成研究院 先導原子力研究所 名誉教授
委員	北田 孝典	大阪大学大学院 工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 教授
委員	功刀 資彰	京都大学大学院 工学研究科 原子核工学専攻 教授
委員	高橋 千太郎	京都大学 複合原子力科学研究所 特任教授
委員	堂崎 浩二	日本原子力発電株式会社 開発計画室 室長代理
委員	西 義久	一般財団法人 電力中央研究所 原子力リスク研究センター 副研究参事
委員	星野 剛	日本原燃株式会社 再処理事業部 エンジニアリングセンター 技術開発研究所 所長
委員	山澤 弘実	名古屋大学大学院 工学研究科 エネルギー理工学専攻 教授
委員	渡辺 幸信	九州大学大学院 総合理工学研究院 エネルギー科学部門 教授
委員	渡邊 豊	東北大学大学院 工学研究科 量子エネルギー工学専攻 教授

(委員氏名は五十音順。ただし委員長を除く)

表 2 計算科学技術研究専門部会専門委員

役職	氏 名	所 属 ・ 職 位
部会長	功刀 資彰	京都大学大学院 工学研究科 原子核工学専攻 教授
専門委員	岡崎 進	名古屋大学大学院 工学研究科 応用物質化学専攻 教授
専門委員	小野 謙二	九州大学 情報基盤研究開発センター 教授
専門委員	越塚 誠一	東京大学大学院 工学系研究科 システム創成学専攻 教授
専門委員	常行 真司	東京大学大学院 理学系研究科 物理学専攻 教授
専門委員	朴 泰祐	筑波大学大学院 システム情報工学研究科 コンピュータサイエンス専攻 教授

(委員氏名は五十音順。ただし部会長を除く)

表 3 分離変換技術研究専門部会専門委員

役職	氏 名	所 属 ・ 職 位
部会長	竹下 健二	東京工業大学 科学技術創成研究院 先導原子力研究所 教授
部会長代理	宇埜 正美	福井大学 附属国際原子力工学研究所 副所長 原子炉燃材料部門 教授
専門委員	石黒 勝彦	原子力発電環境整備機構 技術部 技術専門役
専門委員	星野 剛	日本原燃株式会社 再処理事業部 エンジニアリングセンター 技術開発研究所 所長
専門委員	笠田 竜太	東北大学 金属材料研究所 原子力材料工学研究部門 教授
専門委員	北田 孝典	大阪大学大学院 工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 教授
専門委員	小山 正史	一般財団法人 電力中央研究所 原子力技術研究所 研究参事
専門委員	鈴木 達也	長岡技術科学大学大学院 工学研究科 原子力システム安全工学専攻 教授
専門委員	高木 直行	東京都市大学大学院 総合理工学研究科 共同原子力専攻 主任教授
専門委員	野田 章	国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 加速器工学部 上席研究員

(委員氏名は五十音順。ただし部会長、部会長代理を除く)

3. 審議経過

(1) 諮問：平成 30 年 9 月 21 日

(2) 原子力基礎工学研究・評価委員会 計算科学技術研究専門部会
平成 30 年 10 月 12 日（於；原子力機構 東京事務所 第 4 会議室）

- ・ 研究評価の目的と方法
- ・ 計算科学技術研究に関する説明と討議

(3) 原子力基礎工学研究・評価委員会 分離変換技術研究専門部会
平成 30 年 10 月 19 日（於；航空会館 201 会議室）

- ・ 研究評価の目的と方法
- ・ 分離変換技術研究に関する説明と討議

(4) 原子力基礎工学研究・評価委員会
平成 30 年 11 月 28 日（於；TKP 東京駅八重洲カンファレンスセンター ホール 8C）

- ・ 研究評価の目的と方法
- ・ 原子力基礎工学研究に関する説明と討議
- ・ 総合討論

(5) 評価結果の取りまとめ：平成 30 年 11 月 29 日～平成 31 年 3 月 13 日
各委員による評価結果を委員長が取りまとめ、全委員の合意のもと答申書を作成

(6) 答申：平成 31 年 3 月 14 日

4. 評価方法

以下の評価作業手順及び評価項目に従い、原子力基礎工学研究センターとシステム計算科学センターより提出された原子力基礎工学研究センター及びシステム計算科学センターの運営、原子力基礎工学研究の実施に関する説明資料の検討、並びに口頭発表と質疑応答を行った。なお、システム計算科学センターが実施した計算科学技術研究については、計算科学技術研究専門部会での議論も含めて、及び高速炉・新型炉研究開発部門と共同で実施している内容を含む分離変換技術研究については、分離変換技術研究専門部会での議論も含めて評価した。

(1) 評価作業手順

- ① 評価方法についての議論と評価方法の決定
- ② 各研究分野における研究実施内容、成果、今後の研究計画に関する説明と質疑・応答
- ③ 原子力基礎工学研究センター及びシステム計算科学センターの運営についての説明と質疑・応答
- ④ 提出資料に基づき、評価意見を整理
- ⑤ 答申書の取りまとめ方針の検討

(2) 評価項目

- (1) 研究開発の進捗度（情勢変化に対応した研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性を含む）
- (2) 効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）
- (3) 他機関・部署との連携
- (4) 研究開発に関するマネジメント（資金・人材配分等を含む）
- (5) 人材育成（外部での講習会等の人材育成を含む）

(3) 評価対象期間

評価対象期間は、第3期中長期目標期間開始（平成27年4月1日）から平成30年11月28日までとし、評価を行った。

5. 評価結果（答申書）

平成 31 年 3 月 14 日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

理事長 児玉 敏雄 殿

研究開発・評価委員会

（原子力基礎工学研究・評価委員会）

委員長 大橋 弘忠

研究開発課題の評価結果について（答申）

当委員会に諮問 「30 原機(原)011」 のあった下記の研究開発課題の中間評価について、その評価結果を別紙のとおり答申します。

記

研究開発課題「原子力基礎工学研究」

以上

(別紙)

研究開発・評価報告書

研究開発課題「原子力基礎工学研究」中間評価

平成 31 年 3 月 14 日
原子力基礎工学研究・評価委員会

This is a blank page.

目次

1. はじめに	10
2. 中間評価	11
2.1 評価の方法	11
2.2 評価の対象	12
2.3 評価の期間	12
3. 総合所見	13
4. 評価結果	14
4.1 各分野の評価	14
4.2 総合評価	23

1. はじめに

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、「機構」と略記する。）では、平成 17 年 10 月の発足以来、原子力の研究開発における基礎・基盤を担うことを目的に原子力基礎工学研究を実施している。

原子力基礎工学研究に係る研究開発の内容を評価し、あるいは実施担当組織の求めに応じて助言するために、機構の外部委員会として原子力基礎工学研究・評価委員会が設置され、年度ごとに評価あるいは助言を行ってきている。14 回目となる今回は、第 3 期中長期目標期間を対象とした中間評価となる。

本評価は、国の研究開発に関する大綱的指針に基づき実施されたもので、評価のための会合を開いて、機構から提出された資料に基づき、研究開発の進捗度（情勢変化に対応した研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの必要性を含む）、効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）、他機関・部署との連携、研究開発に関するマネジメント（資金・人材配分等を含む）、人材育成（外部での講習会等の人材育成を含む）などを評価した。会合終了後、各委員の意見を集約して報告書案を作成し、各委員のレビューを経て本報告書を完成した。

本研究・評価委員会による評価や意見が、原子力基礎工学研究の更なる発展に役立てられることを切に願う。また、本研究・評価委員会の委員、専門部会の専門委員には、多忙を極める中で、非常に熱心に評価に携わって頂いた。各位のご尽力に深甚の謝意を表する。

平成 31 年 3 月 14 日
原子力基礎工学研究・評価委員会
委員長 大橋 弘忠

2. 中間評価

2.1 評価の方法

評価の実施にあたっては、平成 30 年 11 月 28 日に機構側から研究開発に関する実施内容を聴取する会合を持った。この会合では、機構が説明資料を準備、提示、それに基づく内容説明を行い、委員による質疑応答を行った。機構側の説明の際には、平成 30 年 10 月 12 日に開催した計算科学技術研究専門部会及び平成 30 年 10 月 19 日に開催した分離変換技術研究専門部会における討議結果も報告された。これらに加えて、説明内容及び専門部会の討議結果を踏まえ、機構側から提示された評価軸に基づき議論を行った。その後、各委員が個別に各分野及び課題全体に関して SABCD で評定し、委員長及び事務局において結果を集約した後に、委員間の審議を経て評価を取りまとめた。なお、評定と評価基準は以下のとおりである。

事後評価の評定と評価基準について

評定	評価基準
S	特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められる。
A	顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められる。
B	成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、着実な研究開発運営がなされている。
C	一層の工夫、改善等が期待される。
D	抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等が求められる。

評価に携わった評価委員

役職	氏 名	所 属 ・ 職 位
委員長	大橋 弘忠	東京大学大学院 工学系研究科 名誉教授
委員	池田 泰久	東京工業大学 科学技術創成研究院 先端原子力研究所 名誉教授
委員	北田 孝典	大阪大学大学院 工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 教授
委員	功刀 資彰	京都大学大学院 工学研究科 原子核工学専攻 教授
委員	高橋 千太郎	京都大学 複合原子力科学研究所 特任教授
委員	堂崎 浩二	日本原子力発電株式会社 開発計画室 室長代理
委員	西 義久	一般財団法人 電力中央研究所 原子力リスク研究センター 副研究参事
委員	星野 剛	日本原燃株式会社 再処理事業部 エンジニアリングセンター 技術開発研究所 所長
委員	山澤 弘実	名古屋大学大学院 工学研究科 エネルギー理工学専攻 教授
委員	渡辺 幸信	九州大学大学院 総合理工学研究院 エネルギー科学部門 教授
委員	渡邊 豊	東北大学大学院 工学研究科 量子エネルギー工学専攻 教授

(委員氏名は五十音順。ただし委員長を除く)

2.2 評価の対象

機構の実施する原子力基礎工学研究を評価の対象とした。

2.3 評価の期間

中間評価では、第3期中長期目標期間開始（平成27年度）から平成30年11月28日時点とした。

3. 総合所見

中間評価の対象となる期間の実績としては、各分野の中長期計画に基づき一部は計画以上に進捗しており、中長期計画に基づく目標を達成する見通しが示されたと認められる。また、高速中性子問かけ法による核物質非破壊測定技術の実用化、PHITS コードの高度化及び応用による東京電力ホールディングス福島第一原子力発電所（1F）事故対応への活用や国際標準の基礎データの提示などの波及効果が得られている。同時に多くの学協会賞を受賞するなど外部からの高い評価を多数受けており、基礎基盤研究として当初の目標以上の優れた成果が得られているものと考ええる。この他にも、電子状態シミュレーションを用いた合金機能の評価技術、溶液化学・錯体化学の分野に新たな概念を提供しうると期待されるレーザー分光による液液界面での反応メカニズム解明研究、燃料・デブリの熱物性等の従来計算が困難であった複雑現象を対象とした第一原理計算による高精度シミュレーション技術など、今後、波及効果が大いに期待できる成果を創出している。加えて、機構内外との連携及び人材育成に積極的に取り組んでおり、研究の継続性、知識・経験の継承等に貢献していると認められる。以上、適切なマネジメントの下、今後の原子力を牽引する成果や大きな波及効果が見込まれることから、特に顕著な成果の創出が認められると評価できる。

委員から示された評定を集約した結果、多数となった評定を委員会としての評定とした。各研究分野の評価は、各委員の評価にばらつきは少なくほぼ一致した。マネジメント等を含めた総合評価は、各委員から S あるいは A の評価がなされたが、評価理由も踏まえた上で多数を占めた S とした。

総合及び各分野の委員会評価及び自己評価の評定を以下に示す。

委員会評価及び自己評価の評定一覧

	委員会評価	自己評価
総合評価	S	A
核工学・炉工学研究	S	S
燃料・材料工学研究	A	A
原子力化学研究	A	A
環境・放射線科学研究	S	S
軽水炉基盤技術研究	A	A
分離変換技術研究	A	A
計算科学技術研究	A	A

4. 評価結果

4.1 各分野の評価

4.1.1 核工学・炉工学研究

委員会評価：S（自己評価：S）

評価理由

中長期計画に基づく目標に向けて計画以上に進捗しているとともに、優れた成果を創出しており、中長期計画に基づく目標を達成する見通しが示されたと認められる。中性子捕獲断面積の世界最高水準の精度での測定、我が国初となる国産核データ処理コード FRENDY の完成、高速中性子問かけ法による核物質非破壊測定技術の実用化など世界的にみても顕著な成果を創出しており、特に高く評価できる。今後ともニーズに基づいた研究戦略の立案を期待する。

委員評定：S：11

委員評価理由／意見

評定：S

- ・ 原子力開発の基礎基盤となる核データ研究、国産核特性計算コード開発、核物質非破壊測定技術の高度化において、世界的にみても特に顕著な研究成果や基盤技術を創出し、文部科学大臣表彰を含む 15 件の学協会賞を受賞している。総合的に勘案した結果、高く評価できる研究成果の創出と判断した。中長期計画の後半でもさらに発展した研究展開が期待できる。原子力開発を支える JENDL 評価済核データライブラリは原子力分野のみに限定されず、基礎研究や医療等の分野でも幅広く使われている。最多引用数論文賞の受賞実績に基づき、多数の引用文献の中からそのニーズ分析をされ、今後の研究戦略立案に反映させることも重要と思われる。
- ・ 核データは原子力利用のすべての局面で基盤となる重要なデータであり、世界共通の貴重なデータとして精度の高いデータを継続的に測定、データベース化を行っていく必要がある。この点において世界最先端の測定と高度化が進められており、原子力利用における意義はきわめて高い。
- ・ 中性子捕獲断面積の測定を世界最高水準の精度で行えるようにする等、高い水準の研究を行っている。
- ・ 我が国初となる国産核データ処理コード FRENDY を完成させ、核データ処理技術の海外依存性を解消、同時に国内外の核データ処理を実現した成果が認められ高い評価を受けていることが「特別に」評価されると認められる。
- ・ 新たな核燃料非破壊測定ニーズに応えるための基礎的技術として、高速中性子問かけ法の開発・応用、及び複雑な組成・形状の核燃料を計量管理できる中性子共鳴濃度分析法を構築するなど、我が国の核燃料非破壊測定技術開発を牽引している点は高く評価できる。
- ・ 非破壊検査技術が核燃料施設において実用化に至っており、成果の最大化が実現している点を高く評価する。
- ・ 作成したデータベースを利用した計算コード開発、測定技術の開発が進められており、相乗的に高度なシステムの開発が進められている点も高く評価される。

- ・ 非常に精力的に取り組まれており、成果も多大で、原子力基礎基盤の高度化が顕著に見られていると判断される。
- ・ 研究開発がこのまま順調に進むことで、非常に素晴らしい充実した、波及効果の大きい基礎基盤が実現できると考える。
- ・ 核データ、計算コード開発は国内外機関との連携により顕著な成果を創出しており、更にそれが広くユーザー利用に寄与している点を高く評価する。
- ・ 核データ・核計算コード・核計測手法開発など、多方面で顕著な成果をあげており、計画以上の進捗状況である。
- ・ 高い研究内容、アクティビティが多く、論文、受賞実績といった成果に繋がっている点を高く評価する。
- ・ 研究成果を論文（131 報）等で十分公表しており、かつその結果として、日本原子力学会賞論文賞、文部科学大臣表彰・科学技術賞等、多くの賞を受賞している。
- ・ 研究開発の進捗度については自己評価 A であるが、データベース、核計算コード、測定技術の開発研究にオリジナリティの高い優れた成果を生み出しており、この項目についても S と主張して不思議でない成果を得ている。

燃料・材料工学研究

委員会評価：A（自己評価：A）

評価理由

中長期計画に基づく目標に向けて順調に進捗しており、中長期計画に基づく目標を達成する見通しが示されたと認められる。世界水準レベルの超微細組織観測手法の開発、電子状態シミュレーションを用いた合金機能の評価技術など、今後の応用、成果創出に大いに期待できる成果を創出するなど高く評価できる。国内外の多くの機関との連携スキームが構築されており、今後、SA（シビアアクシデント）プラットフォームの構築、計算シミュレーションの活用により多くの成果が創出されることを期待する。

委員評定：S：5、A：6

委員評価理由／意見

評定：S

- ・ 電子状態シミュレーションによって合金の機能の評価する手法を開発している。材料開発は実際に成分を変えた合金を作製し、それを計測することで進められてきている。これには多大な費用と時間を要し、また、高い評価を得たものがどれぐらい最適か不明であった。この現状に関して、ここで開発されている手法は、材料開発の極めて優れた指針を提供するものとなることが考えられ、原子力を含む多様な分野に適用可能な世界的な成果に育つ可能性を含んでいる。
- ・ 電子状態シミュレーションを用いた有望材料開発技術は、今後の更なる発展により非常に低コスト・高効率な研究開発につながる特に顕著な成果であると判断される。
- ・ 開発された、電子状態計算シミュレーションによる構造材料の靱性や延性を向上させる合

金元素の探索手法は、合金開発に係る時間の大幅な削減と希少元素を用いない低コストの合金開発への応用が期待できることが「特別に」評価されると認められる。

- ・ 電子状態計算シミュレーションの合金設計への応用、及び耐放射線性の高いセラミックスにおける「自己修復」能力メカニズム解明は、それぞれ原子炉施設の設計における合金開発の合理化及び材料選択の最適化に対する効果が極めて大きく、特に顕著な将来的な成果の創出の期待が持てると認められる。
- ・ 燃料製造、構造材料劣化などの挙動については着実に研究開発が進み、成果とともにメカニズムに関するさまざまな知見が得られている。
- ・ 個々の成果も、当初目標を超えた世界第一線レベルの成果が得られていると判断される。
- ・ 計画した研究は予定通りに進捗していると判断できる。材料関係で優れた成果を得ており、受賞や外部資金の獲得も顕著に優れている。

評価:A

- ・ 超微細組織観測手法において、世界水準レベルの成果をあげている。
- ・ 計算シミュレーションを活用して新たな合金設計を行なう技術は、開発時間、コストの大幅削減に大きく寄与できる技術であり、今後の応用、成果創出に大いに期待する。
- ・ 再処理機器材料の粒界腐食挙動に関する研究成果は、再処理工場の運転管理等への実装に繋がっており、成果の最大化が実現している点を高く評価する。
- ・ 再処理機器材料の腐食機構の解明に取り組んでいるが、化学種の表記の誤りがあるようでは折角の研究成果の質を下げることになる。修正を行うとともに、より詳細な機構解明に期待したい。
- ・ 研究成果を、評価の高い学術誌に論文（65 報）等により公表している。
- ・ 計画外とは言え、優れた研究成果を多数創出しており、研究開発の点で高く評価できる。これらの研究テーマの今後の展開を研究計画へ反映することが望まれる。
- ・ 計算科学的な研究テーマでの進展が認められるので、システム計算科学研究センターとの密接な連携・協力や SA プラットフォームの構築について重点的に推進されたい。
- ・ 材料劣化・腐食研究、1F 事故対応研究等では、国内外の多くの機関との連携スキームが構築されており、今後、多くの成果が創出されることを大いに期待する。
- ・ 多方面の研究活動、プロジェクトに貢献しており、大きな成果が出ている。ただし、元々の目的に対する成果が少し見えにくい。

原子力化学研究

委員会評価：A（自己評価：A）

評価理由

中長期計画に基づく目標に向けて順調に進捗しており、中長期計画に基づく目標を達成する見通しが示されたと認められる。実用化レベルの ^{107}Pd 、 ^{93}Zr 、 ^{90}Sr 分析技術の開発、溶液化学・錯体化学の分野に新たな概念を提供しうると期待されるレーザー分光による液液界面での反応メカニズム解明研究等の成果を創出するなど高く評価できる。今後は、さらなる研究成果の論

文等での公表を期待する。

委員評定：S：5、A：6

委員評価理由／意見

評定：S

- ・ 基礎研究と並行し、 ^{107}Pd の定量分析法開発、 ^{93}Zr 分析の迅速化、 ^{90}Sr の迅速スクリーニング技術といった高レベル廃棄物処分や 1F 事故対応において実用化レベルの成果で出ており、成果の最大化が実現している点を高く評価する。
- ・ レーザー分光を利用した液液、気液の界面観測技術を開発し、これを利用して溶媒抽出系における反応機構の詳細を明らかにした。界面の問題は、複雑流体である混相流体、コロイド、ミセル、エアロゾルなど原子力、生体、産業利用など様々な分野の課題であり、これまで界面を含む全体を平均処理していた分析から、二つのバルクと界面をそれぞれ機構的にモデル化して分析していく方向を新たに示している。界面を含む科学技術全体をリードしていく優れた視点であり、多くの分野でブレークスルーを起こす原動力になっていく可能性がある。
- ・ 界面での反応研究において、興味深い結果を見出しており、溶液化学・錯体化学の分野に新たな概念を提供しうると期待されることから、高く評価しうる。
- ・ 液液界面での反応メカニズムを原子力分野では初めてとなる界面分光法を用いて解明できる技術を開発したことは、今後の新規分離試薬開発や放射性核種の各種化学挙動解明に大いに役立つ点を高く評価する。
- ・ 界面分光法の導入によるアクチノイドのコロイド生成機構の解明に向けた研究、海底土吸着セシウムの脱着反応機構の解明に向けた研究、マイクロ化学チップ技術開発、及び分光学的実験データに基づく計算化学的手法の効率化など、複数の優れた研究成果をあげており、高く評価できる。
- ・ 計算シミュレーションを活用し、新たな分離試薬を設計し、実際に Am/Cm 分離で大きな成果に繋がっている点を高く評価する。
- ・ ジルコニウムの含有するデブリのウラン酸化物の安定性に関する知見は「特別に」評価されると認められる。
- ・ デブリの溶解現象における研究では、溶解条件を含め、より詳細に機構解明をしてほしい。
- ・ 成果発表がやや少ないと思われる（論文 36 報）。今後の論文等での公表を望む。

評定：A

- ・ メカニズム解明、測定法開発、計算手法の研究を並行かつ相互に活用する方向で研究推進がなされてきており、高く評価できる。
- ・ 当初の想定通り順調に進んでいると判断できる。（個々の成果は素晴らしいと判断しますが、他の研究に比べて、顕著といえるまでの成果には至っていないと判断した。）
- ・ 原子力化学の分野で多様な課題の実施を計画し、それぞれについて着実に成果を得ていることは高く評価できる。研究者の興味と科学的重要性に基づく基礎研究としては十分に成

果を得ているが、ディビジョン全体として、それらを統合した新たな課題・分野の創設が期待される。

環境・放射線科学研究

委員会評価：S（自己評価：S）

評価理由

中長期計画に基づく目標に向けて順調に進捗しており、中長期計画に基づく目標を達成する見通しが示されたと認められる。実用レベルに達した環境中核種動態予測モデルの開発、PHITS コードの高度化、応用による 1F 事故対応への活用や国際標準の基礎データの提示等の成果を創出するとともに、利用・普及促進、研究開発成果の外部発信が活発になされており、顕著な波及効果が認められ特に高く評価できる。今後の研究の芽となる先進的・独創的な研究の展開を期待する。

委員評定：S：10、A：1

委員評価理由／意見

評定：S

- ・ 環境・放射線科学研究を構成している環境動態研究、放射線挙動解析研究、放射線管理技術開発のいずれも全体的に順調かつ着実に研究開発が実施されている。国産放射線輸送計算コード PHITS の高度化や応用研究で世界をリードする研究成果をあげ、また国内外での PHITS のユーザー数増加と応用分野の拡大に大きく貢献している。環境中核種動態予測モデルの開発や核種移行挙動解明研究でも多くの学協会賞を受賞し顕著な成果を上げており、1F 事故に対する国の対策や気候変動関連の国際的なプロジェクトに対する貢献度も高い。今後も、当該分野において世界をリードするさらなる研究の進展が期待できる。以上を総合的に判断して、S 評価とした。
- ・ 本ディビジョンの性格上、世界的な科学研究成果をあげることは難しいと思われるが、1F 事故に対する国の対策への貢献や国際標準の基礎データの提示、PHITS の利用・普及促進など、研究開発成果の外部発信が活発になされており、顕著な波及効果が認められる。
- ・ 環境動態について、世界に類の見られないスケールの計算コード開発と核種挙動の詳細メカニズム解明が行われている。
- ・ 大気拡散予測分野に大きく貢献するモデル LOHDIM-LES や大気拡散予測システム WSPEEDI の開発、及び海洋拡散予測システム STEAMER の開発等、環境動態研究の分野の進展に寄与する成果をあげている。
- ・ 環境中核種動態予測モデルの開発は、既に実用レベルに達しており、具体的に適用し成果を出しているものもあり、成果の最大化が実現している点を高く評価する。
- ・ 放射線挙動解析研究は、PHITS コードの高度化、応用により、1F 事故対応への活用や国際標準への活用等で成果を出しており、成果の最大化が実現している点を高く評価する。
- ・ PHITS の普及と応用に関する種々の取り組みは「特別に」評価されると認められる。
- ・ 放射線挙動解析では、細胞内の低線量放射線影響の解析手法が開発されており、今後高精

度な影響評価法が開発されていくと期待される。

- ・ 放射線管理技術は、開発した核種同定システムの実環境適用性が実証されるレベルに達成しており、今後の実用化が期待できる。
- ・ それら成果を論文（129 報）として公表し、日本原子力学会学術業績賞を受賞するなど、高い評価を得ている。
- ・ 着実に優れた成果が挙がっており、特に効果・効用、波及効果の観点で高く評価される。受賞件数、プレス発表数も卓越している。
- ・ 現時点で世界をけん引する成果が得られていると判断。同時に研究開発成果の世界に向けての普及活動も精力的に進められており、将来性も非常に高いと判断される。
- ・ 今後の更なる発展により、応用分野の拡大に対する期待も高いと判断される。
- ・ 着実な研究進捗により、多数の学術的な賞の受賞に現れている様に学術界及び社会に大きなインパクトのある成果が幾つも得られていると評価する。特に、学術的・技術的なニーズに応えるための基盤的な部分での優れた研究成果が得られていることと、それを担う人材の育成が順調であることがその理由となっていると考える。一方、そのような優秀な人材が組織外に転出する事例があることから、今後も優秀な人材の確保・育成の継続と、スピノフした人材・研究分野との協調による研究の厚みの確保に留意されることを期待する。また、現在は現行テーマでの研究成果の収穫期（成熟期）と考えられるため、今後の研究の芽を育てることに留意することが必要と考える。
- ・ 研究開発の進捗度の自己評価では「計画通りで B」であるが、報告された成果からは「A」と評価できる。
- ・ コメント：細胞内の低線量放射線影響解析研究の延長上で、細胞内のフリーラジカル生成、これに対する生体細胞反応などを考慮することにより、低線量のホルミシス効果、線形しきい値仮説の非合理性などの解明が可能かどうか検討されたい。

評価:A

- ・ 研究課題の内容が従来の延長であり、それを計画に従って実施していて、やや独創性や新たな取り組みへの意欲が欠ける印象を持った。おそらく、そのような点を研究実施者も感じていて自己評価も「B」としていると思う。研究成果は上がっており、この点では「S」評価もやぶさかではないが、今後、日本の原子力環境科学を担うグループとしての先進的・独創的な研究の展開を期待して、あえて総合評価は「A」にとどめた。

軽水炉基盤技術研究

委員会評価：A（自己評価：A）

評価理由

中長期計画に基づく目標に向けて順調に進捗しており、中長期計画に基づく目標を達成する見通しが示されたと認められる。FP 放出移行挙動の研究においてソースターム評価の精密化に大きく寄与しうる成果を創出するなど高く評価できる。引き続きデータの拡充、解析結果の検証等を進め信頼性の向上と効率的に研究開発を進めていくことを期待する。

委員評定：S：1、A：10

委員評価理由／意見

評定：S

- ・ 「事故の拡大防止」の観点から開発・公開した解析コード JUPITER は実用性に優れ客観的にも高く評価されている。また、FP 化学データベース ECUME はソースターム評価の精緻化に寄与するもので、世界的業績と判断される。これらは、特に顕著な成果の創出と認められる。

評定：A

- ・ 事故発生防止、事故拡大防止、廃止措置と適切に区分した課題について、それぞれ着実な成果が収められている。
- ・ 事故の発生防止・拡大防止・廃棄措置の観点から適切な研究計画で着実に研究を実施していると判断できる。論文発表も増加しており、優れた成果が出ている。
- ・ FP 放出移行挙動の研究で、ソースターム評価の精密化に大きく寄与しうる成果をあげている。
- ・ 原子炉事故時の各種評価に必要なコードなどの開発を精力的に実施しており、今後、事象発生時の各種挙動の解明およびそれを踏まえた発生、拡大防止策の最適化に大きく寄与することが期待できる。引き続きデータの拡充、解析結果の検証等を進め、信頼性を向上して頂きたい。
- ・ フィルターベントについては、実験をベースにした機構的な挙動解析が行われており、フィルターベントの特性を精度よく評価できるものと期待される。
- ・ 順調に研究を進めている。
- ・ 予定より進んでいる部分も見受けられるが、ほぼ予定通りに順調に進展していると判断される。
- ・ 成果を論文（67 報）として公表し、各種の賞を受賞している。
- ・ TPFIT と JUPITER という極めて類似した 2 つのコードを並行して開発整備することは、業務の効率化の観点から望ましくないので、統合化あるいは一本化の方向で検討されたい。
- ・ 計算コードの開発に重点をおいているようだが、実際の事故等に対してどのように検証をするのかやや曖昧である。
- ・ 個々の高度化だけでなく、評価期間以降の研究開発の加速に向けて、「システム」の統合を視野に入れて研究開発して頂きたい。

分離変換技術研究

委員会評価：A（自己評価：A）

評価理由

中長期計画に基づく目標に向けて、各研究開発は概ね順調に進捗している。また、状況の変化に合わせ、計算科学などの最新の技術・知見を活用した研究計画を進めており、当初の目標を達成する見通しが示されたと認められる。MA 分離プロセスの技術開発においては、新たに見

出した抽出剤により Am/Cm 分離プロセスを確立するなど、優れた成果を創出するとともに、MA 分離プロセスは実用化レベルの段階に達しており高く評価できる。今後は、さらなる論文などによる成果の発信に努めること、及び機構内外との連携を進め、ADS を用いた階層型分離変換システムの技術成立性を見極めるための着実な取り組みに期待する。

委員評定：S：3、A：8

委員評価理由／意見

評定：S

- ・ 核種分離プロセスをほぼ実用化に近づけられるまでの成果をあげている。
- ・ 分離変換分野においては、顕著な成果が散見され、ほぼ実用に耐えうる方法まで開発できしており世界レベルの成果であると判断される。
- ・ 炉物理分野は、TEF-T の建設予算用途は立たないものの、代替研究開発を進めており、当初予定通りの進捗と判断される。
- ・ ADS をベースにした階層型の分離変換システムを開発しようとするきわめて野心的な計画である。世界をリードするプロジェクトであり、技術成立性を見極めるための着実な取り組みが求められる。
- ・ 今後の原子力利用の形態として軽水炉の他にガス炉、高速炉などが考えられるが、継続的な臨界が忌避される場合においても有効なサイクルシステムであり、MA 燃焼に加えた利点を有している。
- ・ 提案している分離変換システムの開発に向けて、多岐にわたる研究・開発テーマを堅実に進めていることは高く評価しうる。
- ・ 成果を論文（38 報）等で公表しているが、他の分野と比較してやや少ないと思われる。今後の努力に期待したい。

評定：A

- ・ 固体廃棄物が発生しない安価な抽出剤を用いた MA 分離プロセス技術を開発し、実廃液で極めて高い MA 回収率を達成するとともに、新たに見出した抽出剤により Am/Cm 分離プロセスを確立できたことは優れた成果である。
- ・ 各研究開発は目標達成に向けて概ね順調に進捗しており、特に MA 分離や TEF 関連技術は実用化レベルの段階に達している点を高く評価する。
- ・ 今後も着実な研究開発の進展を期待する。
- ・ 本研究開発は第 5 次エネルギー基本計画に示されている政策に直接貢献する内容であることから、今後の更なる研究開発の進捗、成果創出を大いに期待する。
- ・ 計画を上回る進捗状況であると判断できる。十分な成果が得られているという印象を受けたが、論文発表数や学会賞の受賞などにやや物足りなさを感じた。

分離変換技術研究専門部会における意見

ほぼ全ての開発項目について、当初の計画どおりに順調に進捗し、一部では当初想定以上の成果をあげており、計画期間中の目標達成の見通しが示された。一部の項目については、外部の様々な要因により当初計画を変更せざるを得ない状況もあるが、柔軟性を持って研究計画を再検討しており、当初の目標は達成できると考えられる。世界的にみても最先端の成果が得られつつあるとともに、実用化の見通しが期待できる成果もあり、研究開発全体としては期待以上に進捗していると評価する。

なお、今後の研究開発においては、常に実用化までのロードマップの中での研究開発の位置づけや研究成果と実用化への効果とを明確にしていくことが必要である。また、情勢の変化にも柔軟に対応して研究開発を進めることを期待する。

計算科学技術研究

委員会評価：A（自己評価：A）

評価理由

中長期計画に基づく目標に向けて計画以上に進捗しており、中長期計画に基づく目標を達成する見通しが示されたと認められる。燃料・デブリの熱物性等、従来計算が困難であった複雑現象の第一原理計算による高精度シミュレーション、行列解法や可視化など計算科学技術の高度化といった成果を創出するとともに、成果の活用や他機関との連携、1F 事故関連の社会的要請にも適切に対応するなど高く評価できる。今後、原子力分野における AI・ビッグデータを取り入れた計算科学技術分野の開拓を進めていくことを期待する。

委員評定：S：2、A：9

委員評価理由／意見

評定：S

- ・ 中長期計画に沿った計算科学研究及びコンピュータシミュレーション技術が計画以上に進捗しており、現時点の世界トップレベルシステムにも対応し得る規模及び機能を有したコード開発が行われていると判断できる。その成果は多数の学術論文の出版や多くの受賞実績で裏打ちされている。以上の観点から、本研究開発計画は極めて顕著な成果を上げたとは評価できる。
- ・ 計算科学技術研究としては、当初計画より進捗があり、また、成果も十分出ているので「A」の評価である。さらに、成果の活用や他機関との連携、1F 事故関連の社会的要請にも適切に対応した研究を柔軟に実施しており、総合評価としては「S」が妥当と考える。

評定：A

- ・ 計算技術の要素技術・基盤技術が、将来の計算機仕様も見据えて、着実に高度化されていると判断する。
- ・ 行列解法や可視化など計算科学技術としての成果も多く出されている。
- ・ 新たな解法を開発し処理性能を飛躍的に加速した成果は、今後、各種計算コードを用いた

研究開発分野の進展に大きく寄与する成果として、高く評価する。

- ・ 燃料・デブリの熱物性など、従来計算が困難であった複雑現象を第一原理計算を用いて高精度でシミュレーションできた成果は、高く評価する。
- ・ 比熱の計算において、f 軌道の励起を考慮することで、実験値と一致するようにできたことなど、過酷事故の解析に寄与しうる成果をあげている。
- ・ 粘土鉱物への Cs(I) の吸着挙動に対する新たな機構を提案するなど、福島環境回復に貢献する成果をあげている。
- ・ それらの成果を多くの論文（137 報）として公表しており、高く評価しうる。
- ・ 高い研究内容、アクティビティが多くの論文、外部資金獲得といった成果に繋がっている点を高く評価する。
- ・ 他部門とも連携しつつ、重要なシミュレーション技術と評価モデルの開発が進められている。
- ・ 個々の研究成果は素晴らしいと考えるが、計算科学技術研究としてのロードマップ（優先度、目指すべき目標・全体像）が良くわからない。
- ・ 今後、原子力分野における AI・ビッグデータを取り入れた計算科学技術分野の開拓も進めてもらえるとよい。
- ・ コメント：中長期計画にはこうなっていないので恐縮だが、計算科学センターとしては、さらに計算科学の先端に立って原子力をリードしていく方向も考えられるのではないかな。

計算科学技術研究専門部会における意見

総合的に判断すると、中長期計画に沿った、耐震評価、シビアアクシデント時の炉内複雑現象などのモデル化のための基礎データ、コンピュータシミュレーション技術について、現時点の世界トップレベルシステムにも対応し得る規模及び機能を有したコード開発が行われていると判断でき、ポスト京に対する準備も順調に行われており、その成果は学術論文が多数執筆され、受賞実績も多い。以上の観点から、本研究開発計画は顕著な成果を上げたと評価できる。

さらに、当初は計画していなかったものの、福島環境回復に役立つ放射性セシウム挙動に関する研究など外部機関と連携し、最近のデータ科学の手法を取り入れて当該分野における先導的な成果を上げており、研究マネジメントの柔軟性も評価できる。

また、機構内においては、研究の効率化に大きく貢献する効率的な反復解法や多変量データ可視化機能のライブラリ化を実施しており、顕著な成果の創出がなされたと認められる。

評価のガイドラインに従うと、全体としては A 評価としたが、個別の項目については S 評価としてもよい項目もあり、今後も継続して高い研究活動の推進を期待したい。

4.2 総合評価

委員会評価：S（自己評価：A）

評価理由

各分野の中長期計画に基づき順調に進捗しているとともに、今後の原子力を牽引する成果や波及効果が見込まれる成果を多く創出している。また、成果の普及に努めるとともに、多数の

学術論文や受賞からも、極めて優れた研究開発に関するマネジメントがなされたと評価できる。機構内外の人材育成に積極的に取り組んでおり、研究の継続性、知識・経験の継承などに貢献していると認められる。基礎研究の重要性への理解がより進むような成果の発信、及び原子力分野を含むより広い分野への成果の波及を期待する。

委員評定：S：6、A：4

委員評価理由／意見

評定：S

- ・ 核工学・炉工学、燃料・材料工学、環境・放射線科学、軽水炉基盤技術において特に顕著な成果の創出または将来的な成果の創出の期待ありと認められること、また全体にわたり、戦略性として成果の社会への実装をあげ、それへのコミットを積極的に実践していると認められることから、総合的に顕著な成果の創出ありと認められる。
- ・ 各部門の評価に記載のとおり、全般に優れた成果が数多く収められているのと同時に、世界的なレベルの研究開発、今後の原子力を牽引していく研究開発、成果の多大なスピノフが期待される研究開発が進められており、きわめて優秀であると評価される。
- ・ どの分野の研究開発がSであるかは個別評価を参照頂きたいが、全体的に“基礎工学研究”として世界レベルの（世界的に研究開発をけん引している）成果が多数得られており、“特に顕著”として良いと判断される。
- ・ さらに研究成果の実用化に向けた開発も進められているだけでなく、成果の他分野への波及も大いに期待できると判断される。
- ・ 各部門の研究計画に従って順調に進捗・推移しており、計画外の多くの研究開発成果が発信され、多くの学術論文や受賞に結実していることから、極めて優れた研究開発に関するマネジメントがなされたと判断できる。
- ・ 原子力に係る人材の育成と基礎研究の充実、及び基礎研究とは相反する場合も多い応用面としての産業界へのアウトカムの提供（PHITS、核計算ライブラリ、ATF の開発推進など）を達成されていることは「特別」と評価されたいと考える。
- ・ 研究組織の効率化と予算圧縮の趨勢の中で、原子力基盤研究及びその推進組織の役割を改めて的確に定義し、人材養成を含む基盤的な研究力向上と実用性の高い成果の創出を両立すべく、工夫と努力を重ねている。その効果として、各ディビジョン・センターから優れた成果が生まれている。実用技術などの成果が見えやすい分野に比して、その裏にある基礎研究の貢献と重要性の理解がより進むように発信をお願いしたい。
- ・ コメント：原子力基礎工学研究のほとんど全ての分野において、高度なシミュレーション技術を援用した計算科学（計算化学）的アプローチが展開されており、今後もAI技術を展開した研究が急速に進展していくものと予想されるため、システム計算科学センターを研究開発の横断的中核組織として機構内で位置づけることが重要であると考え。共通する基盤シミュレーション技術の高度化・高速化は、より多くの研究開発分野における研究加速や業務効率化に大きく貢献できるものと確信する。

評価:A

- ・ 中長期計画に沿って、適正、効果的かつ効率的な研究開発運営が着実に実施されており、核工学・炉工学、燃料・材料工学、原子力化学、環境・放射線科学、軽水炉基盤技術、分離変換技術、計算科学技術の各分野で、それぞれ特筆すべき研究成果を上げており、それらは学協会賞受賞等を通じて外部から高く評価されている。全体を総合的に勘案して、研究開発成果の最大化に向け顕著な成果を上げたと評価でき、また将来的な成果の創出に対しても十分期待できる内容であり、最終的に A 評価とした。しかしながら、個別にみると、S 評価に値する世界的に評価の高い研究成果も幾つか上がっており、また新規研究の萌芽も見られる。これらの顕著な成果に基づいて、今後のさらなる研究の展開と原子力を含むより広い分野への波及効果を期待している。
- ・ 原子力基礎科学の中核研究機関としての責務を自覚し十分な成果をあげている。マネジメントは適切で、優れた研究成果をあげるための経営陣の配慮が随所に感じられる。基礎・基盤研究の地道な取り組みを進めつつ、応用研究や実用に配慮した研究計画の策定と実施には好感が持てる。人材育成事業については、費用対効果やセンターが果たすべき役割やその特色を明確にして実施すること、国際化については、研究の進展や新たな研究領域の創成にどのように役立てていくかの戦略を明確にし、一層の共同研究や協働関係を構築することが望まれる。
- ・ ミッションを達成すべく、各研究テーマを着実に進めている。
- ・ 成果の公表を積極的に行っており、かつ多くの学会賞を受賞しており、高く評価しうる。
- ・ 論文、学会発表、受賞、国内外機関との連携、いずれも高い水準を維持しており、活動が精力的かつ適切なマネジメントのもと、遂行されていると評価する。また、これらの活動の結果として、計画を上回る顕著な成果が多く出ており、中には世界をリードする革新的、独創的な成果も得られていることを高く評価する。
- ・ 各研究分野に新しい考えを提供しうる研究が行われており、今後のさらなる発展が期待される。
- ・ 原子力の基盤を支える中心的研究組織になると期待される。
- ・ 若手を含めた人材育成を積極的に取り組んでおり、研究の継続性、知識・経験の継承等に貢献している。
- ・ 提案：外国の若い研究者との交流の方法の一つとして、JSPS の外国人特別研究員制度を活用しては。
- ・ 今後の研究開発を進めるにあたっては、これまでの成果などを踏まえた上で、更に取り組むべき課題、方向性等を明確にし、そのためにすべきミッションを示すと、現在の TRL もわかり、今後の進捗状況も的確に評価できるものと考ええる。
- ・ 本研究開発が引き続き精力的、発展的に遂行されるためにも、各研究者には単なるノルマ達成、至近の課題解決を目的とした研究開発に留まることなく、その成果を更に魅力的で革新的なものにするビジョンを持ち、それによりモチベーションを高くして取り組んで頂きたい。

This is a blank page.

付録

(日本原子力研究開発機構作成資料)

参考資料1 研究開発課題の中間評価について(諮問)

参考資料2 評価資料*

参考資料3 原子力基礎工学研究・評価委員会答申における意見と原子力機構の措置

*添付 CD-ROM に収録

This is a blank page.

参考資料1

研究開発課題の中間評価について(諮問)

This is a blank page.



30 原機(原)011

平成30年9月21日

原子力基礎工学研究・評価委員会

委員長 大橋 弘忠 殿

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
理事長 児玉 敏雄



研究開発課題の中間評価について（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〕

・「原子力基礎工学研究」に関する中間評価

以上

This is a blank page.

参考資料2

評価資料

This is a blank page.

原子力基礎工学研究中間評価資料目次

(添付 CD-ROM に収録)

配布資料

1. 委員名簿
2. 研究評価(中間評価)の目的と方法について
3. 評価シート(中間評価)
4. 核工学・炉工学に関する研究
5. 燃料・材料工学に関する研究
6. 原子力化学に関する研究
7. 環境・放射線科学に関する研究
8. 軽水炉基盤技術に関する研究
9. 分離変換技術に関する研究及び専門部会報告
10. 計算科学技術に関する研究及び専門部会による評価結果
11. 原子力基礎工学研究の総合評価等について

参考資料

1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が達成すべき業務運営に関する目標
(中長期目標)(原子力基礎工学研究関連部分抜粋)
2. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の中長期目標を達成するための計画
(中長期計画)(原子力基礎工学研究関連部分抜粋)
3. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の平成 27 年度の業務運営に関する計画(年度計画)(原子力基礎工学研究関連部分抜粋)
4. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の平成 28 年度の業務運営に関する計画(年度計画)(原子力基礎工学研究関連部分抜粋)
5. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の平成 29 年度の業務運営に関する計画(年度計画)(原子力基礎工学研究関連部分抜粋)
6. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の平成 30 年度の業務運営に関する計画(年度計画)(原子力基礎工学研究関連部分抜粋)

分離変換技術研究専門部会に関する資料

(本資料は、高速炉サイクル研究開発・評価委員会と合同で設置した分離変換技術研究専門部会における意見を両委員会に報告する際に齟齬が生じないために作成した資料である。)

1. 分離変換技術研究専門部会における意見の概要について(報告)

This is a blank page.

参考資料3

原子力基礎工学研究・評価委員会答申における意見と原子力機構の措置

This is a blank page.

原子力基礎工学研究・評価委員会におけるご意見と原子力機構の措置

原子力基礎工学研究全体

ご意見	措置
各ディビジョン・センターから優れた成果が生まれている。実用技術などの成果が見えやすい分野に比して、その裏にある基礎研究の貢献と重要性の理解がより進むように発信をお願いしたい。	実用技術の開発や発展には、基になる基礎研究の蓄積が不可欠と考えます。基礎研究の成果については論文発表とともに、プレス発表、HP 等を活用して、研究の意義を応用の観点も含めて発信することに留意します。
人材育成事業については、費用対効果やセンターが果たすべき役割やその特色を明確にして実施すること、国際化については、研究の進展や新たな研究領域の創成にどのように役立っていくかのストラテジーを明確にし、一層の共同研究や協働関係を構築することが望まれる。	・機構の人材育成の中で、原子力基礎工学研究センターでは、研究現場に必要な人材の育成を行い、適宜、育成人材の流動化を図り、研究拠点や他の研究センターにおける人材活用を促進しています。また、将来を担う人材確保のために、実習生、博士研究員の受入れにも力を入れています。これらの学生の受入れは、その後職員採用につながるなど、人材の発掘と育成の両面で効果をあげています。ご指摘を踏まえ、人材育成は、研究センターが担う役割を明確にし、費用対効果も考慮しつつ適切に進めていきます。 ・国際化及び国際協力に関しては、国際機関（NEA、IAEA、ICRP 等）の活動への参加を通じた機構成果の活用、原子力技術の他分野への応用を通じた新規分野の開拓等、機構の研究の発展、成果の最大化に向けて戦略を持って進めていきます。
外国の若い研究者との交流の方法の一つとして、JSPS の外国人特別研究員制度を活用しては。	JSPS 外国人特別研究員制度の利用はすでに取り組んでいます。今後も、研究者の交流に活用していきます。
今後の研究開発を進めるにあたっては、これまでの成果等をふまえた上で、更に取り組むべき課題、方向性等を明確にし、そのためにすべきミッションを示すと、現在の TRL もわかり、今後の進捗状況も的確に評価できるものとする。	本中間評価で頂いたご意見等を踏まえ、原子力を取り巻く情勢の変化を考慮して、方向性や取り組むべき課題を適宜見直していきます。
本研究開発が引き続き精力的、発展的に遂行されるためにも、各研究者には単なるノルマ	原子力科学研究部門の MVS（ミッション・ビジョン・ストラテジー）により、組織の使命、将

達成、至近の課題解決を目的とした研究開発に留まることなく、その成果を更に魅力的で革新的なものにするビジョンを持ち、それによりモチベーションを高くして取り組んで頂きたい。	来像、戦略を明確にするとともに、個々の能力を伸ばし最大限に発揮させる環境を整え、最新の科学技術をけん引し、原子力開発を基盤的に支え続け社会に貢献する取組を継続していきたいと考えています。
原子力基礎工学研究のほとんど全ての分野において、高度なシミュレーション技術を援用した計算科学（計算化学）的アプローチが展開されており、今後も AI 技術を展開した研究が急速に進展していくものと予想されるため、システム計算科学センターを研究開発の横断的中核組織として機構内で位置づけることが重要であると考えます。共通する基盤シミュレーション技術の高度化・高速化は、より多くの研究開発分野における研究加速や業務効率化に大きく貢献できるものと確信する。	計算科学は、実験予算が減少している状況で重要と位置付けています。原子力基礎工学研究センターとシステム計算科学センターは、これまで大規模シミュレーションの高速化等で協力し成果をあげてきました。ご意見を踏まえ、原子力分野において、ビッグデータ解析及び AI 技術を活用する計算科学技術分野の開拓を進め、その成果を原子力基礎工学研究センターの研究でも活用するよう、今後、連携を一層強化していきます。

核工学・炉工学研究

ご意見	措置
原子力開発を支える JENDL 評価済核データライブラリは原子力分野のみに限定されず、基礎研究や医療等の分野でも幅広く使われている。最多引用数論文賞の受賞実績に基づき、多数の引用文献の中からそのニーズ分析をされ、今後の研究戦略立案に反映させることも重要と思われる。	JENDL の研究開発戦略は、JENDL 委員会や JENDL 利用者である産業界等との個別の情報交換等により得られるニーズを反映させ立案してきています。今後は、JENDL の引用文献の分析も含め、より多角的にニーズ把握に努めていきます。

燃料・材料工学研究

ご意見	措置
再処理機器材料の腐食機構の解明に取り組んでいるが、より詳細な機構解明に期待したい。	再処理機器材料の腐食機構解明は、今後も金属イオンによる腐食加速機構も含め継続していきます。
計算科学的な研究テーマでの進展が認められるので、システム計算科学研究センターとの密接な連携・協力や SA（シビアアクシデント）プラットフォームの構築について重点的に推進されたい。	シミュレーション研究と実験は研究の両輪となるので、今後もシステム計算科学センターとは密接に連携・協力していきます。SA プラットフォームの構築は、経産省受託事業を中心に機構内外の機関と連携して推進していきます。

多方面の研究活動、プロジェクトに貢献しており、大きな成果が出ている。ただし、元々の目的に対する成果が少し見えにくい。	計画を超える特筆する成果に焦点をあてたため、全ての成果について十分説明できなかったかもしれません。元々の研究目的に対する成果についてもわかりやすく明示するよう努めていきます。
--	---

原子力化学研究

ご意見	措置
デブリの溶解現象における研究では、溶解条件を含め、より詳細に機構解明をしてほしい。	現在、模擬デブリの合成など系統的に研究を進める体制が構築されたため、詳細な機構解明を今後行っていく予定です。
成果発表がやや少ないと思われる（論文 36 報）。今後の論文等での公表を望む。	高 IF 論文誌への投稿を推奨していること及び他の分野に比べ研究者の人数が少ないことにより、論文の総数は少なくなっています。今後は、若手研究者への論文執筆指導などの自助努力等により成果発表も増やしていくよう努力します。
研究者の興味と科学的重要性に基づく基礎研究としては十分に成果を得ているが、ディビジョン全体として、それらを統合した新たな課題・分野の創設が期待される。	デブリの溶解、微粒子の分析、コロイドの生成メカニズム等の現象の場となる「界面」を直接観測する分光法の開発を進めており、これらを統合した課題・分野の創設に向け努力していきます。

環境・放射線科学研究

ご意見	措置
優秀な人材が組織外に転出する事例があることから、今後も優秀な人材の確保・育成の継続と、スピンオフした人材・研究分野との協調による研究の厚みの確保に留意されることを期待する。	PHITS コード講習会、夏期実習生や博士研究員の受入れによる国内外・異分野の人材の確保・育成を継続するとともに、スピンオフ人材との協力、外部機関と連携した様々な分野の応用研究の推進等により、研究の厚みの確保を目指します。
現在は現行テーマでの研究成果の収穫期（成熟期）と考えられるため、今後の研究の芽を育てることに留意することが必要と考える。	今後、放射線計測と環境シミュレーションの融合、AI 技術の活用、放射線影響の物理過程と化学過程の結合計算等の研究開発を進め、新たな研究の展開を図りたいと考えています。
研究課題の内容が従来の延長であり、それを計画に従って実施していて、やや独創性や新たな	今中期計画では新たな研究として、水中核種連続測定システム、放射線エネルギー付与による

取組への意欲が欠ける印象を持った。今後、日本の原子力環境科学を担うグループとしての先進的・独創的な研究の展開を期待して、あえて総合評価は「A」にとどめた。	化学作用の初期値を計算できる飛跡構造計算機能の開発を進めています。今後はさらに独創的・先進的な研究として、ガンマ線カメラを用いた放射性プルームの濃度分布測定手法、AI技術を取り入れた環境動態予測システムの開発等を目指していきます。
細胞内の低線量放射線影響解析研究の延長上で、細胞内のフリーラジカル生成、これに対する生体細胞反応などを考慮することにより、低線量のホルミシス効果、線形しきい値仮説の非合理性などの解明が可能かどうか検討されたい。	開発している計算機能により、放射線エネルギー付与後に発生する化学過程の初期値の解明が可能になります。これにより、放射線影響メカニズムの解明へ向けた研究に着手できるため、低線量のホルミシス効果などが解明可能かどうかも含めて放射線生物・影響の研究者と協力して研究を進めたいと考えています。

軽水炉基盤技術研究

ご意見	措置
TPFIT と JUPITER という極めて類似した2つのコードを並行して開発整備することは、業務の効率化の観点から望ましくないので、統合化あるいは一本化の方向で検討されたい。	TPFIT と JUPITER は、それぞれ圧縮性流体、非圧縮性流体を取り扱い、基本方程式が異なるため全体的な統合化は困難ですが、研究開発の合理化・効率化の観点から、各要素機能の計算ルーチン共用化について検討を行い、方針を決めて進めます。
・ 計算コードの開発に重点をおいているようだが、実際の事故等に対してどのように検証をするのかやや曖昧である。 ・ 引き続きデータの拡充、解析結果の検証等を進め、信頼性を向上して頂きたい。	取り扱う物理現象ごとに検証項目を抽出し、検証作業を進めています。物理現象が複合した効果については、VULCANO や XR-II などの Integral 試験結果と再現計算結果との比較により、統合検証も順次進めています。上記検証結果を組み合わせ、軽水炉事故等に対する適用性の検討及び信頼性の向上に努めます。
個々の高度化だけでなく、評価期間以降の研究開発の加速に向けて、「システム」の統合を視野に入れて研究開発して頂きたい。	メンテナンス・修正・管理等の合理化・効率化などの観点からも計算システムの統合は有効であると考えており、ご指摘の“システムの統合”の前提となる各要素計算ルーチンの共用化・統合化の検討も行いつつ、研究開発を進めます。

分離変換技術研究

ご意見	措置
・ADS をベースにした階層型の分離変換システムを開発しようとするきわめて野心的な計画である。世界をリードするプロジェクトであり、技術成立性を見極めるための着実な取組が求められる。 ・今後の更なる研究開発の進捗、成果創出を大いに期待する。	今後も、国内外の幅広い分野の産学官の研究者と連携を図りながら着実に研究開発を進めます。特に、ADS については、技術成立性を見極めに向けて、計算科学技術を活用した新たなシミュレーション手法の開発と、国内外の既存実験施設等を最大限活用した実験的検証を進めていきます。
・成果を論文（38 報）等で公表しているが、他の分野と比較してやや少ないと思われる。今後の努力に期待したい。 ・論文発表数や学会賞の受賞などにやや物足りなさを感じた。	今後も積極的に成果を論文として発表していくとともに、プレス発表等も積極的に進めていきます。また、学会賞等の受賞に向けた戦略の検討を行い、努力していきます。

計算科学技術研究

ご意見	措置
個々の研究成果は素晴らしいと考えるが、計算科学技術研究としてのロードマップ（優先度、目指すべき目標・全体像）が良くわからない。	計算科学技術研究では、過酷事故時における炉内複雑現象解析の高度化に資するため、①複雑現象のシミュレーション技術、②大規模並列計算技術、③大規模データ解析技術、に係る研究開発を推進しています。 ①については、熔融燃料の様々な特性値（比熱、弾性定数、粘性値等）を、ミクロ、メソレベルシミュレーションにより高精度に決定し、炉内複雑現象に関する詳細なマクロレベルシミュレーションを可能としています。 ②については、最先端のエクサスケール計算技術を開発し、炉心全系規模（2000 億格子）の 3 次元熱流動解析を可能とします。（従来技術では、燃料集合体 1 本（1 億格子）程度の計算が限界）。 ③については、エクサスケール規模の計算結果を対話的に解析可能とする超並列 In-Situ 可視化システムを開発し、炉心全系規模の 3 次元熱流動解析結果の解析に適用していきます。

・計算科学センターとしては、さらに計算科学の先端に立って原子力をリードしていく方向も考えられるのではないかと。 ・今後、原子力分野における AI・ビッグデータを取り入れた計算科学技術分野の開拓も進めてもらえるとよい。	ご意見を踏まえ、エクサスケール計算技術、ビッグデータ解析、AI 等、計算科学の最先端技術を積極的に原子力分野に導入することで、新たなイノベーションを起こすべく取組を進めていきます。
--	---

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량	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	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	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)	°C		K
光束度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
照射度	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
酸素活性化	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のみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてののみ使用される。

(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
粘着力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電荷密度	ジュール毎平方メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
表面電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ 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	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
酵素活性濃度	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
	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 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm 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=0.1 MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm 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。
ベレル	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 =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フオット	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe ≡ (10 ³ /4 π) 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=1 cGy=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	f	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	cal	1 cal=4.1858 J (「15℃」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
ミクロン	μ	1 μ =1 μm=10 ⁻⁶ m

