



平成26年度 研究開発・評価報告書
評価課題「核融合研究開発」
(事前評価)

Assessment Report of Research and Development Activities in FY2014
Activity: "Fusion Research and Development"
(In-advance Evaluation)

核融合研究開発部門

Sector of Fusion Research and Development

March 2016

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

平成 26 年度 研究開発・評価報告書

評価課題「核融合研究開発」（事前評価）

日本原子力研究開発機構
核融合研究開発部門

（2016 年 1 月 14 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 20 年 10 月 31 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の指針」（平成 21 年 2 月 17 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 21 年 8 月 19 日改正）等に基づき、「核融合エネルギーを取り出す技術システムの研究開発」に関する事前評価を核融合研究開発・評価委員会に諮問した。

これを受けて、核融合研究開発・評価委員会は、原子力機構から提出された平成 27 年 4 月から平成 34 年 3 月までの次期中期計画の概要、核融合研究開発部門の運営ならびに核融合研究開発の実施状況に関する説明資料の検討、及び核融合研究開発部門長による口頭発表と副部門長も交えての質疑応答・意見交換を行った。

本報告書は、核融合研究開発・評価委員会より提出された事前評価の内容、並びに、委員会による指摘事項とそれに対する措置を取りまとめたものである。

本報告書は、研究開発・評価委員会（核融合研究開発・評価委員会）が「国の研究開発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 核融合研究開発部門（事務局）

那珂核融合研究所： 〒311-0193 茨城県那珂市向山 801-1

**Assessment Report of Research and Development Activities in FY2014
Activity: “Fusion Research and Development” (In-advance Evaluation)**

Sector of Fusion Research and Development
Japan Atomic Energy Agency
Naka-shi, Ibaraki-ken

(Received January 14, 2016)

Japan Atomic Energy Agency (hereinafter referred to as “JAEA”) asked the assessment committee, “Evaluation Committee of Research and Development Activities for Fusion” (hereinafter referred to as “Committee”) for in-advance evaluation of “Research and Development of the Technical System for Extraction of Fusion Energy,” 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 of R&D Activities” by JAEA.

In response to the JAEA’s request, the Committee assessed the research program of the Fusion Research and Development Directorate (hereinafter referred to as “FRDD”) during the period from April 2015 to March 2022. The Committee evaluated the management and research activities of the FRDD based on the explanatory documents prepared by the FRDD, the oral presentations with questions-and-answers by the Director General and the Deputy Director Generals.

Keywords: Fusion Research and Development, Fusion Energy

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

目次

1. 概要	1
2. 核融合研究開発・評価委員会構成	2
3. 審議経過	3
4. 評価方法	5
5. 評価結果（答申書）	7
参考資料（日本原子力研究開発機構作成資料）	19

Contents

1. Outline	1
2. Evaluation Committee of Research and Development Activities for Fusion	2
3. Status of assessment	3
4. Procedure of assessment	5
5. Results of assessment (Committee Report)	7
References (documents prepared by Japan Atomic Energy Agency)	19

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 20 年 10 月 31 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の指針」（平成 21 年 2 月 17 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 21 年 8 月 19 日改正）等に基づき、「核融合エネルギーを取り出す技術システムの研究開発」に関する事前評価を核融合研究開発・評価委員会に諮問した。

これを受けて、核融合研究開発・評価委員会は、原子力機構から提出された平成 27 年 4 月から平成 34 年 3 月までの次期中期計画の概要、核融合研究開発部門の運営ならびに核融合研究開発の実施状況に関する説明資料の検討、及び核融合研究開発部門長による口頭発表と副部門長も交えての質疑応答・意見交換を行った。その結果、下記の総合評価が得られた。

我が国の核融合開発戦略において、第四段階へ踏み出すために、原型炉建設判断に必要な技術基盤の構築が強く求められており、次期中期計画はまさにそのための成果を出す事が重要なミッションである。また、次期中期計画期間では、ファーストプラズマを視野に入れた ITER の建設、JT-60SA の完成とプラズマ実験開始、IFMIF の運転開始と BA 活動の終了、などが予定されているので、これらを遅延なく実施し、成功させることが、まずは、求められよう。それと同時に、原型炉に向けたその後の計画の立案・着手も次期中期計画期間での重要な課題である。特に、六ヶ所で展開予定の核融合フロンティアは、その中核拠点として構想されており、これを具現化することが強く求められよう。また、次期中期計画期間中に第 1 期 BA 活動は終了時期を迎えるが、この間 BA 活動で整備した様々な施設や研究成果・実績を維持・発展する方策を立てることは日本の強みを発揮する観点から重要である。そのため、国際的に合意した事業計画に基づき、大学、研究機関、産業界の協力のもと、業務を着実に実施していくという基本的スタンスのもと、ITER オールジャパン、先進プラズマ研究イニシアティブ、核融合フロンティアの三本柱に事業展開する方針は、妥当であり、高く評価できる。次期中期計画としては、ITER 計画への継続した貢献とともに、BA 活動後の研究開発に関する検討が必要であり、必ずしも全てが明らかにされているわけではないが、現時点での計画としては、妥当であると判断する。今後は、適切な時期に計画の具体化が必要である。

2. 核融合研究開発・評価委員会の構成

本委員会は、平成 18 年 1 月 1 日に設置され、以下の委員から構成されている。

委員長 寺井 隆幸 東京大学大学院 工学系研究科 附属総合研究機構 機構長・教授
(平成 21 年より、それ以前は委員)

委員 阿部 勝憲 八戸工業大学エネルギー環境システム研究所長
(平成 26 年より) 機械情報技術学科 教授

小川 雄一 東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
(平成 24 年より)

金子 修 自然科学研究機構 核融合科学研究所 副所長
(平成 21 年より)

岸本 泰明 京都大学大学院エネルギー科学研究科 教授
(平成 24 年より)

小磯 晴代 高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設
(平成 24 年より) 加速器第四研究系 研究主幹・教授

時松 宏治 東京工業大学大学院総合理工学研究科
(平成 26 年より) 環境理工学創造専攻 准教授

橋爪 秀利 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
(平成 26 年より)

畑山 明聖 慶應義塾大学理工学部物理情報工学 科基礎理工学専攻 教授
(平成 26 年より)

堀池 寛 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
(平成 18 年より)

松山 政夫 富山大学水素同位体科学研究センター長・教授
(平成 26 年より)

(委員については、五十音順)

3. 審議経過

- (1) 第1回核融合研究開発・評価委員会：平成18年3月17日
 - ・委員会規定に基づく委員長の選出
 - ・核融合研究開発・評価委員会の趣旨について
 - ・平成17年度における研究開発実績について
 - ・上記報告内容に対する質疑応答・意見交換
- (2) 第2回核融合研究開発・評価委員会：平成18年10月31日
 - ・平成18年度上期における研究開発の現状について
 - ・上記報告内容に対する質疑応答・意見交換
 - ・若手研究者との意見交換
- (3) 第3回核融合研究開発・評価委員会：平成19年3月15日
 - ・平成18年度における研究開発実績について
 - ・上記報告内容に対する質疑応答・意見交換
- (4) 第4回核融合研究開発・評価委員会：平成20年3月4日
 - ・平成19年度における研究開発実績について
 - ・上記報告内容に対する質疑応答・意見交換
- (5) 第5回核融合研究開発・評価委員会：平成21年2月20日
 - ・委員会規定に基づく委員長の選出
 - ・平成20年度における研究開発実績について
 - ・上記報告内容に対する質疑応答・意見交換
- (6) 第6回核融合研究開発・評価委員会：平成21年9月11日
 - ・中間評価の進め方について
 - ・核融合研究開発の成果及び現状と次期中期計画骨子について
 - ・上記報告内容に対する質疑応答・意見交換
- (7) 第7回核融合研究開発・評価委員会：平成22年2月23日
 - ・平成21年度における研究開発実績について
 - ・上記報告内容に対する質疑応答・意見交換
- (8) 第8回核融合研究開発・評価委員会：平成23年8月4日
 - ・平成22年度における研究開発実績について
 - ・上記報告内容に対する質疑応答・意見交換
- (9) 第9回核融合研究開発・評価委員会：平成24年3月16日
 - ・平成23年度における研究開発実績について
 - ・上記報告内容に対する質疑応答・意見交換

- (10) 第10回核融合研究開発・評価委員会：平成25年3月15日
 - ・平成24年度における研究開発実績について
 - ・上記報告内容に対する質疑応答・意見交換
- (11) 第11回核融合研究開発・評価委員会：平成26年2月28日
 - ・平成25年度における研究開発実績について
 - ・上記報告内容に対する質疑応答・意見交換
- (12) 第12回核融合研究開発・評価委員会【事前評価】：平成26年11月28日
 - ・委員会規定に基づく委員長の選出
 - ・事後評価及び事前評価の実施について
 - ・上記報告内容に対する質疑応答・意見交換
- (13) 事前評価結果のとりまとめ：平成26年11月～平成27年3月
- (14) 答申：平成27年3月25日

4. 評価方法

以下の評価作業手順及び評価項目に従い、核融合研究開発部門より提出された次期中期計画の概要、核融合研究開発部門の運営、核融合研究開発の実施に関する説明資料の検討、及び核融合研究開発部門長による口頭発表と副部門長も交えての質疑応答・意見交換を行った。

(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 次期中期計画の概要、核融合研究開発部門における運営及び研究開発の実施についての部門長による説明と質疑応答・意見交換
- ③ 提出資料に基づき、評価意見を整理
- ④ 答申書の取り纏め

(2) 評価項目

1) 総合評価

研究開発計画の妥当性について

2) 個別評価

- ・ 研究開発課題の選定、方向性・目的・目標等の妥当性
- ・ 研究開発の進め方の妥当性
- ・ 研究資金・人材等の研究開発資源の配分の妥当性

(3) 評価対象

第3期中期計画

核融合研究開発に関する事前評価 議事次第
(第12回核融合研究開発・評価委員会)

日時：平成26年11月28日(金)、13:00～17:45

場所：航空会館 201 会議室（東京都港区新橋 1-18-1）

議題：

- | | | |
|---|----------------|-------------|
| 1. あいさつ | 森副部門長 | 13:00～13:05 |
| 2. 規程に基づく委員長の選出について | 石田室長 | 13:05～13:10 |
| 3. 平成25年度独法評価結果等について | 石田室長 | 13:10～13:15 |
| 4. 事後評価及び事前評価の実施について | | 13:15～13:20 |
| 5. 第2期中期目標期間における研究開発実績の要点について | | |
| (1) ITER計画の実績と成果 | 草間部長 | 13:20～14:05 |
| (報告30分、質疑応答15分) | | |
| (2) BA活動の実績と成果 | 飛田部長／大平部長／池田部長 | 14:05～14:55 |
| (報告IFERC:10分・IFMIF:10分・サテライトカク:15分、質疑応答15分) | | |
| (3) 炉心プラズマ研究開発の成果 | 鎌田部長 | 14:55～15:20 |
| (報告15分、質疑応答10分) | | |
| (4) 核融合工学研究開発の成果 | 山西部長 | 15:20～15:45 |
| (報告15分、質疑応答10分) | | |
| (5) 研究開発全般について | 石田室長 | 15:45～16:00 |
| (報告10分、質疑応答5分) | | |
| 6. 次期中期計画の概要について | 森副部門長 | 16:00～16:30 |
| (報告20分、質疑応答10分) | | |
| 7. 自由討論 | | 16:30～17:35 |
| 8. その他（今後の予定など） | | 17:35～17:45 |

5. 評価結果（答申書）

平成27年 3月25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
（核融合研究開発・評価委員会）
委員長 寺井隆幸

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（融）012〕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「核融合エネルギーを取り出す技術システムの研究開発」

以上

別紙

「核融合エネルギーを取り出す技術システムの研究開発」の事前評価結果

当研究開発・評価委員会は、第1期中期計画の開始（平成17年10月）以降における核融合研究開発部門の「核融合エネルギーを取り出す技術システムの研究開発」に関する活動実績及び研究成果に対し、毎年、年度評価を行い、進捗状況を確認するとともに、さまざまな改善点等を指摘してきた。それらを十分に踏まえた上で、研究開発課題の選定、方向性・目的・目標等の妥当性、研究開発の進め方の妥当性、研究資金・人材等の研究開発資源の配分の妥当性などの評価の視点に基づき、第3期中期計画に対し、事前評価を実施したので、その評価結果をここに取りまとめる。

I. 総合評価

我が国の核融合開発戦略において、第四段階へ踏み出すために、原型炉建設判断に必要な技術基盤の構築が強く求められており、次期中期計画はまさにそのための成果を出す事が重要なミッションである。また、次期中期計画期間では、ファーストプラズマを視野に入れた ITER の建設、JT-60SA の完成とプラズマ実験開始、IFMIF の運転開始と BA 活動の終了、などが予定されているので、これらを遅延なく実施し、成功させることが、まずは、求められよう。それと同時に、原型炉に向けたその後の計画の立案・着手も次期中期計画期間での重要な課題である。特に、六ヶ所で展開予定の核融合フロンティアは、その中核拠点として構想されており、これを具現化することが強く求められよう。また、次期中期計画期間中に第1期 BA 活動は終了時期を迎えるが、この間 BA 活動で整備した様々な施設や研究成果・実績を維持・発展する方策を立てることは日本の強みを発揮する観点から重要である。そのため、国際的に合意した事業計画に基づき、大学、研究機関、産業界の協力のもと、業務を着実に実施していくという基本的スタンスのもと、ITER オールジャパン、先進プラズマ研究イニシアティブ、核融合フロンティアの三本柱に事業展開する方針は、妥当であり、高く評価できる。次期中期計画としては、ITER 計画への継続した貢献とともに、BA 活動後の研究開発に関する検討が必要であり、必ずしも全てが明らかにされているわけではないが、現時点での計画としては、妥当であると判断する。今後は、適切な時期に計画の具体化が必要である。

II. 総合的な提言

本研究開発をより良いものにするため、以下に、総合的な観点に基づく提言を示すこととする。

- ・ ITER 計画の適切な実施のために極内機関としての責任を果たすことはもちろんであるが、ITER 機構との適切な協力作業を通して、スケジュールの円滑な進捗のために、引き続き努力されたい。
- ・ 本中期計画は、ITER や BA など国際プロジェクトの進捗と密接に関わることから、外的要因で計画が左右されやすいため、常に進捗状況を把握し見直しを行える体制をとることが必要と思われる。
- ・ 我が国の核融合開発戦略において、第四段階へ踏み出すために、原型炉建設判断に必要な技術基盤の構築が強く求められており、次期中期計画はまさにそのための成果を出す事が重要なミッションであると言えるので、合同コアチームの活動と密に連携を図りながら計画・立案してゆく事を強く希望する。
- ・ 運営費や人件費削減が厳しい環境の中で実施する必要があることから、大学・国公立研究機関などとの連携・協力を一層強め、それらの人的資源・研究資源を有効に活用する全日本的な取組みが求められる。
- ・ IFERC 計算機シミュレーション研究では、ペタフロップレベルの計算により第一原理計算に基づく燃焼プラズマの予測が可能になりつつあり、国内の理論・シミュレーション研究のレベルが格段に向上している。これらは ITER や JT-60SA の実験段階での成果に直結することから、Post-BA 計算機など、研究継続の枠組みの構築が望まれる。
- ・ ITER の建設と BA からポスト BA 活動へ向けて、原子力機構全体からの大きな支援と強い連携が可能な体制を築き、またそれに核融合研や大学、産業界が乗り込み易いシステムを提案してもらいたい。
- ・ JT-60SA の実験やモデリングに、日本-EU 両方の大学からの若手研究者・学生らが比較的容易に参加できる枠組みの構築を期待したい。早い段階からの国際共同研究プロジェクトへ参加は、新しい研究成果はもちろん、国際プロジェクトにおける合意形成プロセスを体感し、グローバル人材の育成にもつながるようにも思われる。
- ・ 個々の研究分野のビジョン自体は一部を除いて、非常に良いが、核融合炉開発に向けた全体を俯瞰する長期ビジョンが全く見えない。現段階においても、例えば、ELM の問題といった核融合炉の未来像を大きく変える可能性のある重要な課題があるにも関わらず、このような重要な課題に対して、各グループ間で連携を取りながら解決しようというリーダーシップが全く見えてこない。徐々に性能をあげることによって解決される課題と全組織をあげて解決すべき抜本的な課題を棲み分けて目標を設定すべきであり、特に、後者の問題解決のための研究開発（装置開発も含めて）は、加速すべきである。当然ではあるが、前者と後者の課題に対する事後評価の方法も異なるべきであり、単に、前者の課題の目標を達成すれば評価が上がるというのであれば、低めの目標設定により、

評価結果は必然的に高くなる。

- ・核融合開発全体における、当該部門の役割と位置づけ、他との関連などが見えるような工夫を今後期待したい。
- ・新法人への統合移管に関して、これまでに培われた経験と知識が上手く引き継がれるように期待したい。また、新法人においても、大学等との共同研究が六ヶ所サイトにおいてもうまく実施できるように、一日も早い設備の移設や新設、しくみづくりを期待したい。
- ・青森県での核融合フロンティア計画は高く評価できるが、研究者のためのインフラ整備のために、地方自治体への依頼のみならず、所内でのご努力も引き続き、期待したい。

Ⅲ．個別評価

評価の視点ごとの評価結果、提言を示すこととするので、参考にして、「核融合エネルギーを取り出す技術システムの研究開発」を進めていただきたい。

1．研究開発課題の選定、方向性・目的・目標等の妥当性

(1) ITER 計画の推進

1) ITER 計画の運営への貢献

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 S:1 名、A:9 名、B:1 名〕

ITER が建設期から運転・実験期間へ移行するのに際し、ITER への職員等の派遣を積極的に行い、円滑な運転・実験環境を構築するための運営に関与し指導力を発揮する方向性・目的・目標は極めて妥当である。また、国際的に合意した事業計画に基づき、大学、研究機関、産業界の協力のもと、業務を着実に実施していくという基本的スタンスのもと進められる計画であり、妥当と考える。スケジュールの遅れ等の不確定要素に対しては、臨機応変に対応し、ITER 機構や他極と密な連携を図りながら、着実に進めていってほしい。

2) ITER 建設活動

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 S:2 名、A:9 名〕

日本に課せられた調達・分担を完遂するとともに、ITER の組立て・統合化に積極的に貢献することは極めて妥当である。また、我が国が調達責任を有する機器の製作完了、製作については、第2期計画が順調に進展しており、妥当と思われる。日本の調達機器に対しては、遅延なく製作し、ITER 建設で他極をリードし、出来るだけ早く初期プラズマの実現に向けて努力していただいたい。

3) オールジャパン体制の構築

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 A:9 名、B:2 名〕

ITER の実験フェーズを想定し、日本の大学・国公立研究機関の多様な人材や研究資源を有効に活用しつつ、連携・協力を推進する方向性・目的・目標は妥当である。

(2) BA 活動を活用して進める先進プラズマ研究開発

1) JT-60SA 計画 ①JT-60SA の機器製作及び組立、JT-60SA 運転のための保守・整備及び調整、③JT-60SA の運転

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 S:4 名、A:6 名、B:1 名〕

ITER の燃焼プラズマ研究および JT-60SA の高ベータ先進プラズマ研究は原型炉設計の両輪であり、JT-60SA を遅延なく完成させ早期に実験を開始することは原型炉研究をリードする観点から重要であり、妥当である。所期のスケジュールに沿って JT-60SA の建設を進め、ファースト・プラズマ実現を目指していただいたい。ITER 計画が遅れる中、すみやかな装置の運用開始が強く望まれる。この計画は日本の実績から生まれたもので世界の核融合研究を先導するレベルである。国際的な拠点となることにより、国内のみならず世界の核融合開発を牽引できる。

2) 炉心プラズマ研究開発

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 S:1 名、A:10 名〕

ITER や JT-60SA の実験研究に際し、定常高ベータの燃焼プラズマを予測・制御するための物理基盤の構築とモデリング分野でイニシアティブをとることが重要であることから、本目的・目標等の設定は極めて妥当である。また、第2期計画では、日本、欧州の多数の研究者が参加し、JT-60SA リサーチプランが、多面的に検討さ

れ、策定されており、妥当と考えられる。これまでの高いアクティビティと膨大な成果を基に、着実に成果を挙げられることが期待される。

3) 国際的に研究開発を主導できる人材の育成

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 S:1 名、A:9 名、B:1 名〕

ITER を国際的に主導する人材育成は、ITER に投資した意義を含め、日本の核融合研究を長期的に推進する観点から最重要課題であり、目的・目標の設定は極めて妥当である。日欧共同の実験およびモデリングを進めることにより、現在にもましてグローバルな研究開発をリードできる若手育成が期待できる。限定的な人的資源の育成と定着に大いに期待したい。

(3) BA 活動等による核融合理工学研究

1) 1) IFERC 事業及び IFMIF/EVEDA 事業 ①IFERC 事業、②IFMIF/EVEDA 事業、③実施機関活動

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 S:1 名、A:8 名、B:1 名、C:1 名〕

この計画は日本の実績から生まれたもので世界の核融合研究を先導するレベルである。国際的な拠点となることにより、国内のみならず世界の核融合開発を牽引できる。

ITER 計画同様、国際的に合意した事業計画に基づき、大学、研究機関、産業界の協力のもと、業務を着実に実施していくという基本的スタンスのもと進められる計画であり、妥当と考える。IFERC および IFMIF/EVEDA は原型炉設計に中心的な役割を果たすことから継続的に維持・発展させる目的・目標等は妥当である。BA 活動の終了が間近であるので、残された時間を有効活用して実りある成果を挙げることに腐心していただきたい。

2) BA 活動で整備した施設を活用・拡充した研究開発 ①原型炉設計 R&D 活動、②テストブランケット計画、③理論・シミュレーション研究及び情報集約拠点活動、④核融合中性子源開発

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 S:4 名、A:6 名、B:1 名〕

BA 活動で整備した施設の活用、特に核融合中性子源の整備は我が国の核融合工学

研究推進にとって重要である。核融合エネルギー実現に必須の燃料・材料・ブランケット関連技術を中心とする計画となっており、難易度は高いが、将来的にブレークスルーが期待される。加速器やリチウム技術などの開発実績を活かし中性子源の具体化を構想しているのは極めて重要である。BA 活動は日本の有する大きな強みであり、この人的資源・研究資源を活用するとともに、そこでの研究課題を維持・発展させることは極めて妥当である。BA 後の六ヶ所サイトを拡張し、核融合理工学研究のために中核拠点化することにより、原型炉建設判断に必要な技術構築を行おうとするものであり、極めて適切であると判断する。ITER 推進を核にサテライトトカマク活動と核融合フロンティア活動がうまくカップリングさせる計画案が作成されており、世界的に見ても高水準で期待度が高い。大学等が六ヶ所の施設を、より有効に使えるよう、共同利用・共同研究の体制整備に努めていただきたい。また、IFERC－CSC 計算センターなど、現行 BA 活動で大きな役割を果たしている。次期中期計画の中でも、是非、継続的に運用されることを期待したい。

2. 研究開発の進め方の妥当性

(1) ITER 計画の推進

1) ITER 計画の運営への貢献

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 A:9 名、B:1 名〕

ITER の成功は核融合実現の成否を握る。ITER の実験研究において日本が主導する成果を最大化する環境を構築する進め方は妥当である。また、ITER 機構及び他極との連携強化のさらなる必要性を挙げており、妥当と考えられる。ITER 計画の運営に対して、より積極的に具体的な方策を提案し、ITER 機構や他極をリードして欲しい。

2) ITER 建設活動

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 S:1 名、A:10 名〕

建設活動で日本の高い技術力や課題解決能力を示すことが運転・実験期間においても日本がリーダーシップを取る上で不可欠であることから、妥当である。第2期中期計画が順調に進展し、そこで蓄積されてきた研究開発の進め方のノウハウが生

かされることを期待する。前期の実績より、高い貢献が見込まれる。

3) オールジャパン体制の構築

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 A:8名、B:2名、C:1名〕

モデリングや理論・シミュレーションを含む研究者人口が欧米に比べて少ない日本にとって ITER オールジャパン体制を構築する進め方は極めて妥当である。また、ITER 計画の推進には、オールジャパン体制の構築が必須という観点で妥当である。実際に活動を開始しないと見通しを得がたいこともあるかと思われるが、今までの当該部門のアクティビティに鑑みると順調に推進することが期待される。核融合研と協力して、大学等からの ITER への貢献をさらに拡大する努力に腐心していただきたい。特に、ITPA 活動への積極的な貢献や、核融合エネルギーフォーラム活動の全日本的な活性化が求められよう。

具体性がなく、広く検討することが望まれる。大学院⇒JAEA/企業⇒ITER 建設といったパスが、見えない。とくに、企業（メーカー）に就職後のパスが明確になれば、核融合分野へ進学する学生が増え、人材育成にもプラスになると考えられる。

(2) BA 活動を活用して進める先進プラズマ研究開発

1) JT-60SA 計画 ①JT-60SA の機器製作及び組立、JT-60SA 運転のための保守・整備及び調整、③JT-60SA の運転

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 S:3名、A:7名、B:1名〕

ITER の燃焼プラズマ研究および JT60SA の高ベータ先進プラズマ研究は原型炉設計の両輪であることから、JT-60SA の組立てと運用・実験を目指す研究開発の進め方は妥当である。ITER 建設が大幅遅延する中で、最新装置として期待が前期より更に高いものとなりつつある。日欧が中心となることにより拡散せず効果的に推進できる。今後も欧州との綿密な連携を図り、日欧が協力した実験計画・実験体制の構築を期待する。

2) 炉心プラズマ研究開発

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 A:11 名〕

目的の異なった ITER と JT-60SA の成果を相補的・相乗的に結合して炉心プラズマ物理を構築することは今後原型炉設計を主導する上で重要であり、妥当である。これまでの蓄積を基に、更に膨大な成果を挙げられることを期待したい。また、ITPA 活動への積極的な貢献を期待する。

3) 国際的に研究開発を主導できる人材の育成

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 A:8 名、B:2 名、C:1 名〕

大学等の若手研究者が高性能燃焼プラズマ分野で指導力を発揮する人材育成は ITER の運用・実験段階で日本が成果を挙げる上で不可欠であり、妥当である。JT-60SA では、日欧共同実験が計画されている。国際的・先進的な研究開発はもちろん、国際的な合意形成プロセスを主導できる人材の育成の絶好の場が提供されることが期待できる。JT-60SA が建設中であるので、より積極的に若手研究者を海外の実験装置へ派遣して育成することを期待する。また若手研究者の絶対数が少ないので、出来るだけ新規採用の人員枠を増やす努力をしていただきたい。外国、特に ITER 機構に長期で出る職員が少ない。また、具体性がないので、検討を要する。

(3) BA 活動等による核融合理工学研究

1) 1) IFERC 事業及び IFMIF/EVEDA 事業 ①IFERC 事業、②IFMIF/EVEDA 事業、③実施機関活動

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 S:1 名、A:8 名、B:1 名、C:1 名〕

次期計画実施期間に、現行の BA 活動が終了予定であるが、終了後の活動ができる限り、早い段階で明確化されることを期待したい。日欧が中心となることにより拡散せず効果的に推進できる。原型炉開発に向けて、BA 活動終了後の次期計画の策定が大変重要である。合同コアチームの示した原型炉に向けた課題と方策を踏まえ、全日本的に原型炉開発に向けた研究開発の策定に努力していただきたい。BA 活動の次期計画でも、日欧が基軸となって推進する体制が基本であると予想される。ただし、課題によっては、他極も取り込むことも一考の価値があると思う。例えば、IFMIF 関連で韓国との連携、次期スパコンで米国との連携、などは考えられないか。なお、大規模シミュレーションなどを含む IFERC や IFMIF/EVEDA の実績・成果は日本の大きな強みであり、研究開発の進め方は妥当である。今後 ITER の運転段階に移行する

ことから遠隔実験センターの進展が強く望まれる。

- 2) BA 活動で整備した施設を活用・拡充した研究開発 ①原型炉設計 R&D 活動、②テストブランケット計画、③理論・シミュレーション研究及び情報集約拠点活動、④核融合中性子源開発

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 S:1 名、A:9 名、B:1 名〕

現行 BA 活動で整備した施設・設備の継続、維持、拡充は、①から④の次期中期計画を進めるにあたって必須と考えられる。また、TBM やシミュレーション研究は原型炉設計の中核を担うものである。これら BA 活動を実施した強みを発揮する観点から、そこで整備した施設を活用・拡充した研究開発は極めて妥当である。多岐に渡る関連機器開発の順調な開発は調整にも労力がかかり大変かと推察されるが、進捗に期待したい。国際協力 (BA の延長) が可能かなど不確定要素が有るので戦略性を持って進めて欲しい。なお、六ヶ所での研究活動を活性化されるには、六ヶ所への利便性の向上が必須である。六ヶ所サイトへのアクセスの改善、宿泊設備の充実などの環境インフラ整備にさらに努力していただきたい。地域の特性を活かすこと、また国際拠点として発展させることが望まれる。

3. 研究資金・人材等の研究開発資源の配分の妥当性

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

〔評価結果 S:2 名、A:5 名、B:4 名〕

- ・ ITER 建設、BA 活動の活性化に向けて適切に研究開発資源は配分されている。ただし、特に人材に関しては、一人で何役も果たさなければならなくなっており、その絶対数が明らかに不足している。是非とも、若手を中心とした人員増を強く希望する。
- ・ 核融合部門は現在の原子力機構から分離・移管する予定であると聞く。分離・移管に際して、我が国の中核機関として核融合研究開発を推進できるに十分な研究資金・人材等の確保を期待する。特に、ニュークリア関連施設との連携や、幅広い人員の確保を期待する。
- ・ 中期計画期間中に ITER や BA がマイルストーンを迎えることから限りある資源を効率的に再配分出来るよう、組織としての敏捷性と柔軟性を持って欲しい。
- ・ 運営費の削減が続く中、ITER・BA に職員を重点配分するなど、ITER の運転段階を想定した研究資源の配分は基本的に妥当である。一方、原型炉設計に重要な炉工

学や加熱工学、物理基盤の構築に不可欠な外国装置への実験参加やモデリング、理論・シミュレーションなどへの人員確保は困難な状況が続く可能性が高い。そのため、大学・国公立研究機関など日本の様々の人的資源・研究資源を活用して上記の困難な状況を克服する手立てが必要である。

- ・建設が遅れている IFMIF 原型加速器の実証試験とその後の定常運転・性能向上に向けて十分な人材の確保をお願いしたい。
- ・上記の計画を実施するためには、人員・予算ともに必ずしも十分とは言えないと判断する。
- ・従来通りの体制では担当者の激務が慢性化しているのではないかと懸念される。是非人員増員を検討されたい。
- ・限られた財政的、人的資源のなかで、現状、よく対処されていると考えられる。しかしながら、資料にあるように、「研究費が大きく減ってきており、ITER 計画及び BA 活動を支える基盤研究の弱体化が懸念」される。また、年齢構成からは、世代間を越えた技術移転をいかに円滑に行えるかの問題が、今後、顕在化する恐れもある。
- ・那珂研究所、青森研究所の全体の人員が少ない中で、多くの仕事が円滑に且つチームワーク良く進められていることは高く評価できる。
- ・平成 26 年度までの六ヶ所における人員数は大きな変化は見られず、第三期における工学研究等を支援・展開するために増加対策を図るべきである。

IV. 個別評価のまとめ

1) 評価シート提出委員：計 11 名

2) 評価項目と評価基準

○研究開発課題の選定、方向性・目的・目標等の妥当性

○研究開発の進め方の妥当性

○研究資金・人材等の研究開発資源の配分の妥当性

(S 極めて高く評価できる A 高く評価できる B 評価できる C 概ね評価できる D 検討を要する)

3) 各評価項目に対して付けられた評価レベル

区分	対象分野	課題妥当性	進め方妥当性	資源配分妥当性
ITER 計画の推進	ITER 計画の運営への貢献	SAAAAAAAAAB	AAAAAAAAAAB	SSAAAAABBBB
	ITER 建設活動	SSAAAAAAAAA	SSAAAAAAAAA	
	オールジャパン体制の構築	AAAAAAAAASS	AAAAAAAABBC	
BA 活動を活用して進める先進プラズマ研究開発	1) JT-60SA 計画	SSSSAAAAAAB	SSSAAAAAAB	
	2) 炉心プラズマ研究開発	SAAAAAAAAAA	AAAAAAAAAAAA	
	3) 国際的に研究開発を主導できる人材の育成	SAAAAAAAAAAB	AAAAAAAABBC	
BA 活動等による核融合理工学研究	1) IFERC 事業及び IFMIF/EVEDA 事業	SAAAAAAAABC	SAAAAAAAABC	
	2) BA 活動で整備した施設を活用・拡充した研究開発	SSSSAAAAAAB	SAAAAAAAAB	

参考資料

(日本原子力研究開発機構作成資料)

- | | |
|--------|------------------------------|
| 参考資料 1 | 研究開発課題の事後・事前評価について（諮問） |
| 参考資料 2 | 事前評価説明資料 |
| 参考資料 3 | 核融合研究開発・評価委員会 事前評価指摘事項への対応措置 |

This is a blank page.

参考資料 1

研究開発課題の事後・事前評価について（諮問）

This is a blank page.



26 原機（融）012

平成 26 年 9 月 25 日

核融合研究開発・評価委員会

委員長 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・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〕

- ・「核融合エネルギーを取り出す技術システムの研究開発」に関する事後評価
- ・「核融合エネルギーを取り出す技術システムの研究開発」に関する事前評価

以 上

This is a blank page.

参考資料 2

事前評価説明資料

○次期中長期計画の概要について

This is a blank page.



第12回核融合研究開発・評価委員会
平成26年11月28日

次期中長期計画の概要について

－ 事前評価（想定評価期間：H27-33年度） －

核融合研究開発部門
副部門長 森 雅博



核融合研究開発の状況

1

○ITER計画について

- 現在、機器調達スケジュールの遅れを反映した長期スケジュールを策定中であり、不確定要素への対応が必要。
- 次期中長期計画（H27-H33の7年を想定）は建設段階が継続されると予測。
- 我が国分担機器の調達とともに、ITER計画の運営におけるITER機構及び他極との連携強化が必要。

○BA活動について

- 次期中長期計画（H27-H33の7年を想定）に、現行のBA活動が終了。
- 終了後の活動について明確化し、欧州と協力して実施していくものについては日欧協議が必要。

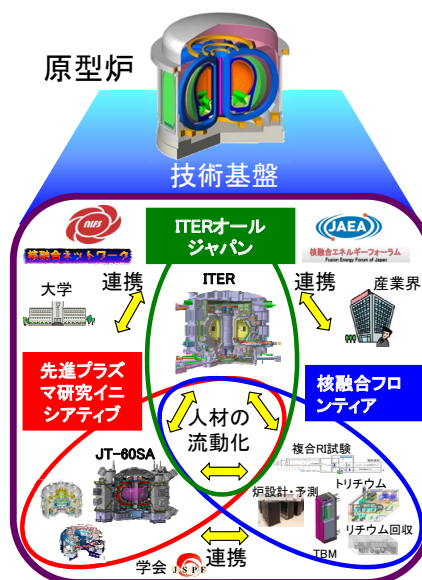


次期中長期計画での事業の方針

2

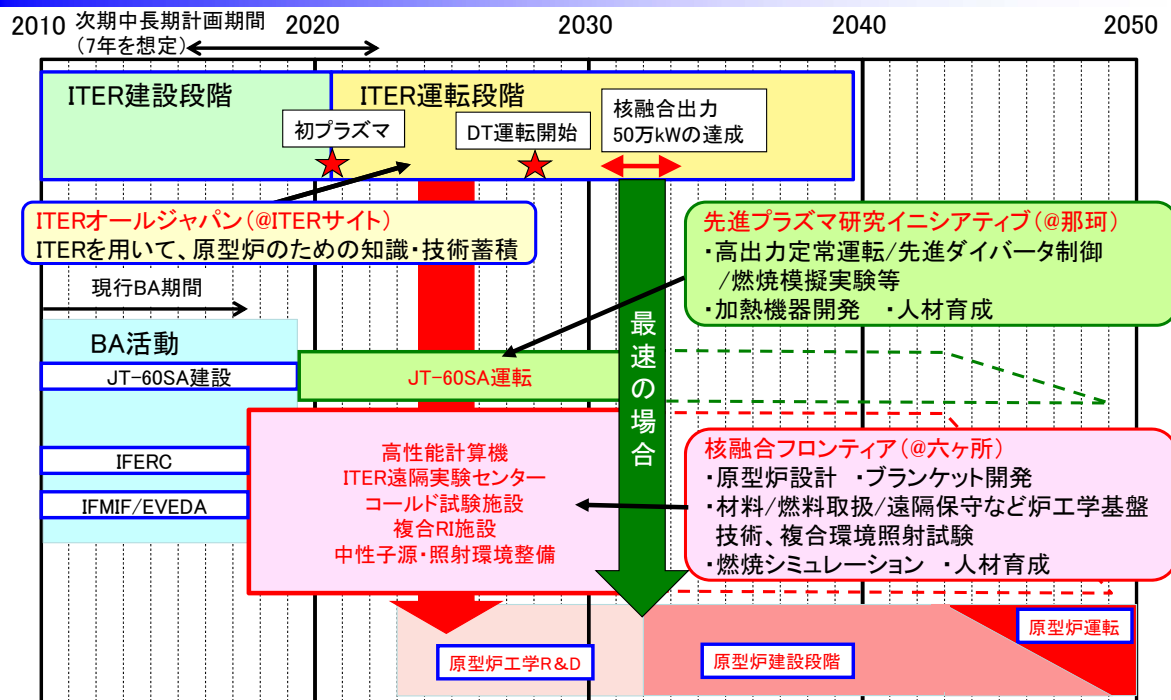
核融合エネルギーの科学的・技術的実現可能性の実証、及び原型炉建設判断に必要な技術基盤構築へ貢献するため、ITER計画・BA活動を着実に推進するとともに、以下の3本柱へ事業を展開。

- 実験炉ITERを活用した研究開発をオールジャパン体制でカダラッシュにて推進（ITERオールジャパン）。
- JT-60SAを活用した先進プラズマ研究開発を那珂にて実施し、炉心プラズマの物理基盤を構築（先進プラズマ研究イニシアティブ）。
- BA活動で整備した施設を活用・拡充し、核融合原型炉のための理工学研究開発を六ヶ所にて実施（核融合フロンティア）。



核融合研究開発の展望

3





次期中長期計画案(1/6):核融合研究開発

4

6. 核融合研究開発

「第三段階核融合研究開発基本計画」(平成4年6月原子力委員会)、「イーター事業の共同による実施のためのイーター国際核融合エネルギー機構の設立に関する協定」(ITER協定)(平成19年10月発効)、「核融合エネルギーの研究分野におけるより広範な取組を通じた活動の共同による実施に関する日本国政府と欧州原子力共同体との間の協定」(BA協定)(平成19年6月発効)、「エネルギー基本計画」(平成26年4月閣議決定)等に基づき、核融合研究開発を総合的に推進し、核融合エネルギーの実用化に貢献する。

核融合エネルギーは、資源量・供給安定性、安全性、環境適合性、核拡散抵抗性、放射性廃棄物の処理・処分等の観点で優れた社会受容性を有し、恒久的な人類のエネルギー源として魅力的な候補であり、長期的な視点からエネルギー確保に貢献する。

そのため、「ITER(国際熱核融合実験炉)計画」及び「核融合エネルギー研究分野における幅広いアプローチ活動」(以下、「BA活動」という。)を着実に推進する。また、実験炉ITERを活用した研究開発、JT-60SAを活用した先進プラズマ研究開発、BA活動で整備した施設を活用・拡充した理工学研究開発へ、相互の連携と人材の流動化を図りつつ、事業を展開する。これにより、核融合エネルギーの科学的・技術的実現可能性の実証、及び原型炉建設判断に必要な技術基盤構築に貢献する。

大学、研究機関、産業界などの研究者・技術者並びに各界の有識者などが参加する核融合エネルギーフォーラム活動等を通して、国内意見や知識を集約してITER計画及びBA活動に取り組むことにより国内連携・協力を推進し、国内核融合研究との成果の相互還流に努め、核融合エネルギーの実現に向けた研究・技術開発を促進する。



次期中期計画案(2/6):ITER計画の推進

5

(1) ITER計画の推進

国際的に合意した事業計画に基づき、大学、研究機関、産業界との協力の下、国内機関としての業務を着実に実施する。また、実験炉ITERを活用した研究開発をオールジャパン体制で実施するための準備を進める。

1) ITER計画の運営への貢献

ITERサイトへの職員等の積極的な派遣などによりITER機構及び他極国内機関との連携を強化し、ITER計画の円滑な運営に貢献する。また、ITER機構への我が国からの人材提供の窓口としての役割を果たす。

2) ITER建設活動

我が国が調達責任を有する超伝導導体、超伝導コイル、中性粒子入射加熱装置実機試験施設用機器の製作を完了するとともに、高周波加熱装置、遠隔保守装置等の製作を進める。また、ITERサイトでITER機構が実施する機器の据付・組立等の統合作業を支援する。

3) オールジャパン体制の構築

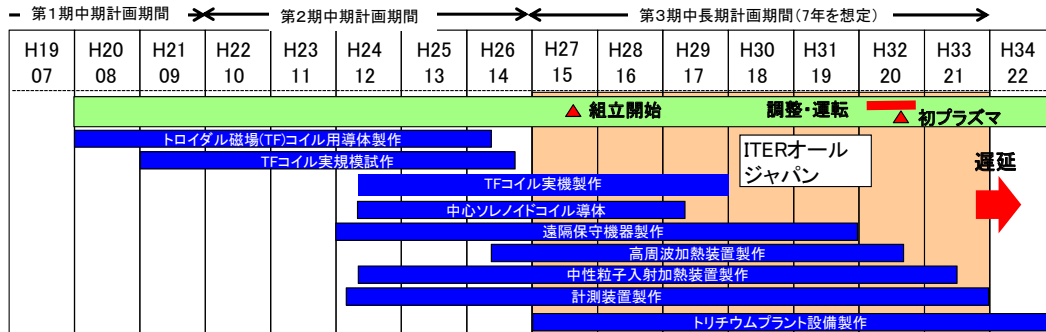
ITERサイトでの統合作業(据付・組立・試験・検査)や完成後の運転・保守を見据えて、実験炉ITERを活用した研究開発をオールジャパン体制で実施するための準備を進める。



ITER計画のスケジュール

6

○スケジュール遅延が発生しており、次期中長期計画期間は、機器製作及び組立フェーズと考えられる。



○次期中長期計画期間における我が国調達機器の状況は以下を想定。

TFコイル: 製作を完了。

中心ソレノイドコイル導体: 製作を完了。

遠隔保守機器製作: ビークルコンピュータ装置、軌道接続展開収納装置の製作を実施。

高周波加熱装置: 全8機のうち、数機を製作し、現地据付・試験を開始。

中性粒子入射加熱装置: イタリアに建設中の実機試験施設の機器製作を完了し、現地据付・試験を開始。
実機機器の製作を開始。

計測装置製作: マイクロフィッションチェンバーの真空容器内に設置する機器の製作を完了。

トリチウムプラント設備: 原科研のトリチウムプロセス棟にて確証試験を実施。



次期中期計画案(3/6): 先進プラズマ研究開発

7

(2) 幅広いアプローチ活動を活用して進める先進プラズマ研究開発

国際的に合意した事業計画に基づき、BA活動におけるサテライト・トカマク計画事業を実施機関として着実に実施するとともに、国際約束履行に不可欠なトカマク国内重点化装置計画(国内計画)を推進し、両計画の合同計画であるJT-60SA計画を進め運転を開始する。ITER計画を支援・補完し原型炉建設判断に必要な技術基盤を構築するため、炉心プラズマ研究開発を進め、JT-60SAを活用した先進プラズマ研究開発へ展開する。更に、国際的に研究開発を主導できる人材の育成に努める。

1) JT-60SA計画

BA活動で進めるサテライト・トカマク事業計画及び国内計画の合同計画であるJT-60SA計画を着実に推進し、JT-60SAの運転を開始する。

① JT-60SAの機器製作及び組立

JT-60SA 超伝導コイル等の我が国が調達責任を有する機器の製作を進めるとともに、日欧が製作する機器の組立を行う

② JT-60SA運転のための保守・整備及び調整

JT-60SAで再使用するJT-60既存設備の保守・改修、装置技術開発・整備を進めるとともに、各機器の運転調整を実施してJT-60SAの運転に必要な総合調整を実施する。

③ JT-60SAの運転

JT-60SAの運転を開始する。



次期中期計画案(4/6):先進プラズマ研究開発

8

2) 炉心プラズマ研究開発

ITER計画に必要な燃焼プラズマ制御研究やJT-60SAの中心的課題の解決に必要な定常高ベータ化研究を進めるとともに、統合予測コードの改良を進め、精度の高い両装置の総合性能の予測を行う。また、運転を開始するJT-60SAにおいて、ITERをはじめとする超伝導トカマク装置において初期に取り組むべきプラズマ着火等の炉心プラズマ研究開発を進める。

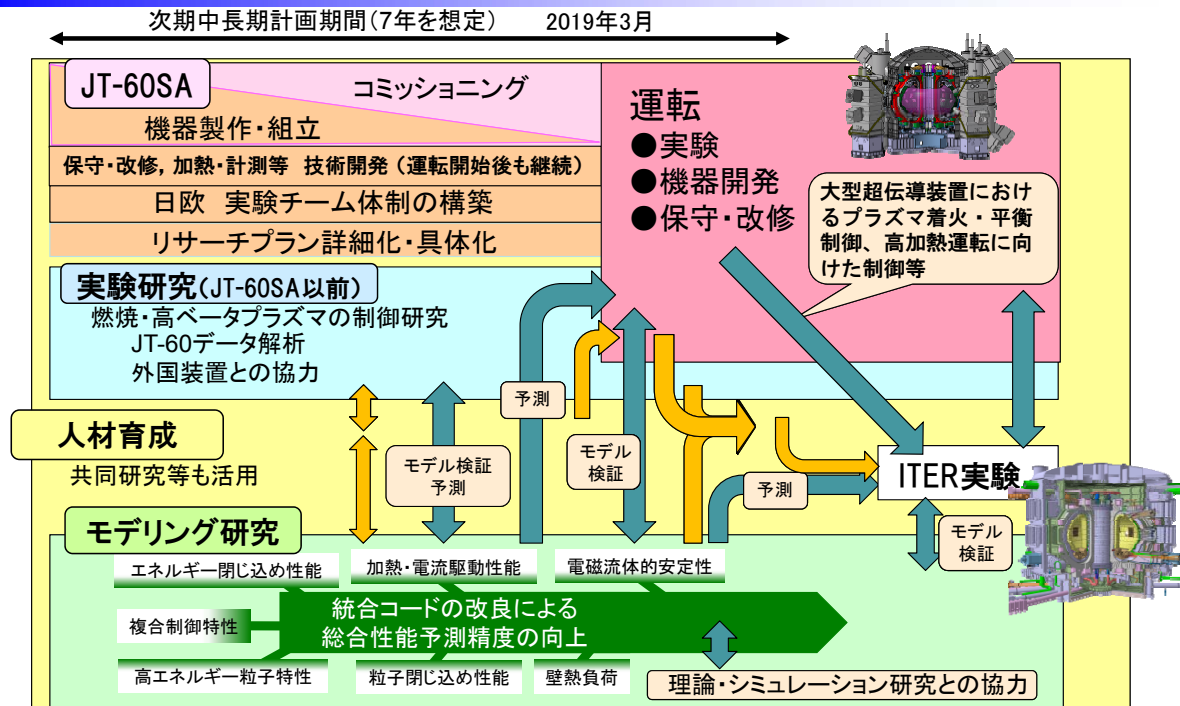
3) 国際的に研究開発を主導できる人材の育成

国際協力や大学等との共同研究等を推進し、ITER計画やJT-60SA計画を主導できる人材の育成を行う。



幅広いアプローチ活動を活用して進める 先進プラズマ研究開発

9





次期中期計画案(5/6):核融合理工学研究

10

(3) 幅広いアプローチ活動等による核融合理工学研究開発

国際的に合意した事業計画に基づき、BA活動における国際核融合エネルギー研究センター事業等を実施機関として着実に推進する。また、原型炉建設判断に必要な技術基盤構築に向けて、国際協力及び国内協力の下、推進体制の構築及び人材の育成を進めつつ、BA活動で整備した施設を活用・拡充し、技術の蓄積を行う。

1) 国際核融合エネルギー研究センター事業(IFERC)及び国際核融合材料照射施設(IFMIF)に関する工学実証及び工学設計活動(EVEDA)事業

① IFERC事業

予備的な原型炉設計活動とR&D活動を完了するとともに、計算機シミュレーションセンターの運用及びITER遠隔実験センターの構築を完了する。

② IFMIF-EVEDA事業

IFMIF原型加速器の実証試験を完了する。

③ 実施機関活動

理解増進、六ヶ所サイト管理等をBA活動のホスト国として実施する。



次期中期計画案(6/6):核融合理工学研究開発

11

2) BA活動で整備した施設を活用・拡充した研究開発

① 原型炉設計R&D活動

原型炉建設判断に必要な技術基盤構築のため、概念設計活動、低放射化フェライト鋼等の構造材料重照射データベース整備活動、増殖ブランケット機能材料の製造技術や先進機能材料の開発、トリチウム取扱技術開発を拡充して推進する。

② テストブランケット計画

ITERでの増殖ブランケット試験に向けて、試験モジュールの評価試験・設計・製作を進める。

③ 理論・シミュレーション研究及び情報集約拠点活動

計算機シミュレーションセンターを運用し、核燃焼プラズマの動特性を中心としたプラズマ予測精度の向上のためのシミュレーション研究を進める。また、ITER遠隔実験センターを運用し、国際的情報集約拠点として活用する。

④ 核融合中性子源開発

六ヶ所中性子源の開発として、IFMIF原型加速器の安定な運転・性能向上を行うとともに、リチウムループの建設、照射後試験設備及びトリチウム除去システムの整備、ビーム・ターゲット試験の準備を開始する。



幅広いアプローチ活動等による核融合理工学研究開発

12

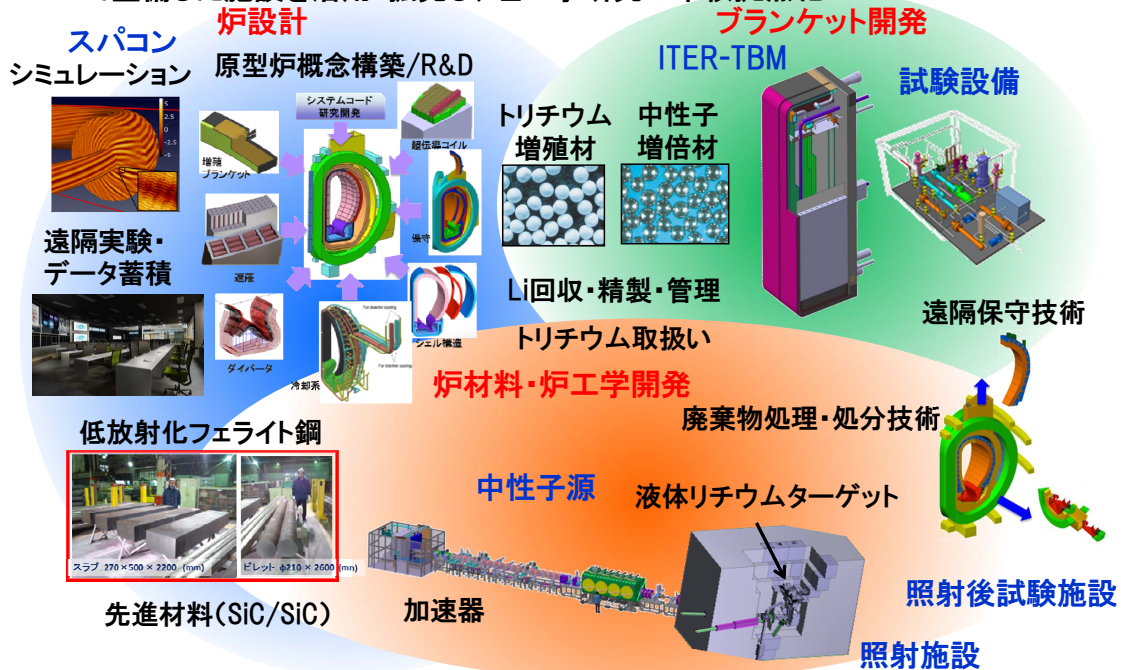
		2014 H26	2015 H27	2016 H28	2017 H29	2018 H30	2019 H31	2020 H32	2021 H33	2022 H34
		幅広いアプローチ (BA) 活動			次期中長期計画期間(7年を想定)					
		○原型炉の設計、○設計確認R&Dとその統合・調整、○材料開発								
炉設計	IFERC	原型炉設計			原型炉概念設計・工学設計(原型炉合同特別チーム)					
		原型炉R&D トリチウム取扱技術開発			原型炉R&D トリチウム取扱技術開発(ブランケット・中性子源と連携) 等					
		構造材料・機能材料開発			構造材料・機能材料開発(ブランケットと連携)					
		○ITER-TBM実機・補機システム開発、○ブランケットコールド試験施設整備・試験、○原型炉ブランケット開発用への試験施設の拡充、○大型遠隔保守								
ブランケット	TBM	TBM詳細設計・設計レビュー						1号機搬入		
		1号機・補機システム店建屋内接続配管の製作・搬入						1号機・補機据付け・試験		
		1号機評価試験						2・3号機・補機製作・試験		
		コールド試験施設整備								
		○原型炉シミュレーション・評価コード、ITERやJT-60SA等の運転・実験データ等の基盤データを蓄積・集約								
理論・シミュレーション・情報集約	IFERC	計算機・シミュレーションセンター(計算機運用)			Post BA計算機の検討・整備・運用					
		ITER遠隔実験センター(検討・整備・試験)			遠隔実験センター運用・改造					
		○ブランケット・材料用中性子照射施設の整備・運用、○照射後試験施設、トリチウム技術、試験体解体・処理施設の整備、○廃棄物処理・処分技術								
核融合 中性子源	IFMIF/ EVEDA	テストセル系実証			後段加速器設計・製作					
		原型加速器(製作・組立・実証試験)			Li再組立・高性能化試験					
		Liターゲット実証試験			その他の中性子源関連建屋建設					
		Li解体・洗浄・保管			トリチウム安全系・回収系設計・製作					



核融合フロンティア

13

BAで整備した施設を活用・拡充し、理工学研究の中核拠点化



This is a blank page.

参考資料 3

核融合研究開発・評価委員会 事前評価指摘事項への対応措置

This is a blank page.

核融合研究開発・評価委員会 事前評価指摘事項への対応措置

委員会の答申における指摘事項	機構の措置
○核融合研究開発全体 ・ 今後は、適切な時期に計画の具体化が必要である。 ・ 本中期計画は、ITER 計画や BA 活動など国際プロジェクトの進捗と密接に関わることから、外的要因で計画が左右されやすいため、常に進捗状況を把握し見直しを行える体制をとることが必要と思われる。 ・ 我が国の核融合開発戦略において、第四段階へ踏み出すために、原型炉建設判断に必要な技術基盤の構築が強く求められており、次期中期計画はまさにそのための成果を出す事が重要なミッションであると言えるので、合同コアチームの活動と密に連携を図りながら計画・立案してゆく事を強く希望する。 ・ 運営費や人件費削減が厳しい環境の中で実施する必要があることから、大学・国公立研究機関などとの連携・協力を一層強め、それらの人的資源・研究資源を有効に活用する全日本的な取組みが求められる。 ・ IFERC 計算機シミュレーション研究では、ペタフロップレベルの計算により第一原理計算に基づく燃焼プラズマの予測が可能になりつつあり、国内の理論・シミュレーション研究のレベルが格段に向上している。これらは ITER や JT-60SA の実験段階での成果に直結することから、Post-BA 計算機など、研究継続の枠組みの構築が望まれる。 ・ ITER の建設と BA からポスト BA 活動へ向けて、原子力機構全体からの大きな支援と強い連携が可能な体制を築き、またそれに核融合研や大学、産業界が乗り込み易いシステムを提案してもらいたい。 ・ JT-60SA の実験やモデリングに、日本-EU 両方の大学からの若手研究者・学生らが比較的容易に参加できる枠組みの構築を期待したい。早い段階からの国際共同研究プロジェクトへ参加は、新しい研究成果はもちろん、国際プロジェクトにおける合意形成プロセスを体感し、グローバル人材の育成にもつながるようにも思われる。	・ 新機構長の下で策定される ITER 長期スケジュールや BA 活動のスケジュール見直し等を踏まえ、適切な時期に計画を具体化していきます。 ・ ITER 機構、他極国内機関及び欧州 BA 実施機関との連携を強化し、常に計画全体の進捗状況を把握できるよう努めるとともに、文科省とも情報を共有し、進捗状況に合わせ計画の見直しができる体制を整えます。 ・ 六ヶ所核融合研究所に原子力機構、NIFS、大学及び産業界からのメンバーで構成される原型炉設計合同特別チームを設置し、核融合科学技術委員会の下に設置されるタスクフォースとも連携を図りつつ、原型炉に向けた研究計画・立案に貢献していきます。 ・ 大学・国公立研究機関などとの連携・協力を一層強め、全日本的な取組を実施していきます。 ・ IFERC 計算機の後継機については、現在欧州とも協議を行っているところであり、研究継続の枠組みの構築に努めます。 ・ 核融合研究開発を放医研へ移管統合し、量子科学技術研究開発機構となった後も、原子力機構との適切な協力体制を築いていきます。また、NIFS や大学、産業界から人材を派遣できるような仕組みを構築していきます。 ・ 国際的な共同研究などへの日本-EU 両方の大学からの若手研究者・学生らが参加できるような枠組みの構築に努め、国際的に研究開発を主導できる人材の育成に取り組めます。

・個々の研究分野のビジョン自体は一部を除いて、非常に良いが、核融合炉開発に向けた全体を俯瞰する長期ビジョンが全く見えない。現段階においても、例えば、ELMの問題といった核融合炉の未来像を大きく変える可能性のある重要な課題があるにも関わらず、このような重要な課題に対して、各グループ間で連携を取りながら解決しようというリーダーシップが全く見えてこない。徐々に性能をあげることによって解決される課題と全組織をあげて解決すべき抜本的な課題を棲み分けて目標を設定すべきであり、特に、後者の問題解決のための研究開発（装置開発も含めて）は、加速すべきである。当然ではあるが、前者と後者の課題に対する事後評価の方法も異なるべきであり、単に、前者の課題の目標を達成すれば評価が上がるというのであれば、低めの目標設定により、評価結果は必然的に高くなる。 ・核融合開発全体における、当該部門の役割と位置づけ、他との関連などが見えるような工夫を今後期待したい。 ・新法人への統合移管に関して、これまでに培われた経験と知識が上手く引き継がれるように期待したい。また、新法人においても、大学等との共同研究が六ヶ所サイトにおいてももうまく実施できるように、一日も早い設備の移設や新設、しくみづくりを期待したい。 ・青森県での核融合フロンティア計画は高く評価できるが、研究者のためのインフラ整備のために、地方自治体への依頼のみならず、所内でのご努力も引き続き、期待したい。	・原型炉に向けた取組は、六ヶ所核融合研究所に原子力機構、NIFS、大学及び産業界からのメンバーで構成される原型炉設計合同特別チームを設置し、核融合科学技術委員会の下に設置されるタスクフォースとも連携を図りつつ、全日本的に実施していきます。この取組は、合同コアチーム報告をベースに、そこでまとめられた原型炉技術基盤構築チャートに沿って、課題解決に向けた検討を行っていきます。 ・核融合開発全体における、当部門の役割と位置付け、他との関連などについて、今後評価委員会等での発表を工夫するとともに、外部に向けて積極的に発信していきます。 ・移管統合により事業の遅滞が起きないよう、また、これまでに培われた経験と知識が上手く引き継がれるように原子力機構内で十分に準備します。また、移管統合後も、引き続き大学等との共同研究が円滑に行えるよう仕組みを作ります。 ・研究者のインフラ整備のために、原子力機構内でもできることを整理し、実現に向けて努力します。
--	--

○ 研究資金・人材等の研究開発資源配分 - ITER 建設、BA 活動の活性化に向けて適切に研究開発資源は配分されている。ただし、特に人材に関しては、一人で何役も果たさなければならなくなっており、その絶対数が明らかに不足している。是非とも、若手を中心とした人員増を強く希望する。 - 建設が遅れている IFMIF 原型加速器の実証試験とその後の定常運転・性能向上に向けて十分な人材の確保をお願いしたい。 - 上記の計画を実施するためには、人員・予算ともに必ずしも十分とは言えないと判断する。 - 従来通りの体制では担当者の激務が慢性化しているのではないかと懸念される。是非人員増員を検討されたい。 - 限られた財政的、人的資源のなかで、現状、よく対処されていると考えられる。しかしながら、資料にあるように、「研究費が大きく減ってきており、ITER 計画及び BA 活動を支える基盤研究の弱体化が懸念」される。また、年齢構成からは、世代間を越えた技術移転をいかに円滑に行えるかの問題が、今後、顕在化する恐れもある。 - 平成 26 年度までの六ヶ所における人員数は大きな変化は見られず、第三期における工学研究等を支援・展開するために増加対策を図るべきである。 - 核融合部門は現在の原子力機構から分離・移管する予定であると聞く。分離・移管に際して、我が国の中核機関として核融合研究開発を推進できるに十分な研究資金・人材等の確保を期待する。特に、ニュークリア関連施設との連携や、幅広い人員の確保を期待する。 - 中期計画期間中に ITER や BA がマイルストーンを迎えることから限りある資源を効率的に再配分出来るよう、組織としての敏捷性と柔軟性を持って欲しい。 - 運営費の削減が続く中、ITER・BA に職員を重点配分するなど、ITER の運転段階をを想定した研究資源の配分は基本的に妥当である。一方、原型炉設計に重要な炉工学や加熱工学、物理基盤の構築に不可欠な外国装置への実験参加やモデリング、理論・シミュレーションなどへの人員確保は困難な状況が続く可能性が高い。そのため、大学・国公立研究機関など日本の様々の人的資	- 機構全体の人員・予算が厳しい中、機構全体のバランスを考慮しつつ、人材及び予算の確保に努めます。 - 移管統合により事業の遅滞が起こらないように十分検討を行っていきます。また、新法人と原子力機構の間では、適切な枠組みを構築し連携を図っていきます。 - 機構全体のバランスを考慮しつつ、適時に柔軟性を持って対応していきます。 - 大学・国公立研究機関など全日本的な人的資源・研究資源を活用できる仕組みの構築に努めます。
---	--

源・研究資源を活用して上記の困難な状況を克服する手立てが必要である。 ・ 那珂核融合研究所、六ヶ所核融合研究所の全体の人員が少ない中で、多くの仕事が円滑に且つチームワーク良く進められていることは高く評価できる。	・ 引き続き企画調整室を中心に全体調整を行いつつ、事業を進めていきます。
--	--

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
角速度	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 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	
デシベール	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	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

