

大型研究計画に関する進捗評価について（報告）

「超高性能プラズマの定常運転の実証」

平成28年8月23日

科学技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会
学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会

目 次

はじめに	1
「超高性能プラズマの定常運転の実証」計画について	
1. 進捗評価の実施方法	2
2. 計画の概要	3
(1) 概要と主な内容	
(2) 実施体制	
(3) 年次計画及び予算規模	
3. 計画の進捗状況	5
(1) 重水素実験に向けた設備等の整備状況	
(2) 核融合研究における進捗状況	
(3) 当初計画からの変更についての状況	
(4) 再発防止策と安全管理対策	
(5) 社会や国民の理解を得るための取組と地域住民への対応状況	
(6) 研究者コミュニティにおける検討の状況とLHDの役割	
4. 計画の進捗評価と今後の留意点	8
(1) 計画の進捗状況を踏まえた評価	
(2) 今後の事業の推進に当たっての留意点	
科学技術・学術審議会 学術分科会 研究環境基盤部会	
学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会 委員等名簿	12

はじめに

文部科学省においては、学術研究の大規模プロジェクトへの安定的・継続的な支援を図るべく、平成24年度、新たに「大規模学術フロンティア促進事業」を創設した。

この事業は、世界が注目する大規模プロジェクトについて、「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想 ロードマップの策定」¹等に基づき、社会や国民の幅広い理解・支持を得つつ、国際的な競争・協力を迅速かつ適切に対応できるよう支援し、戦略的・計画的な推進を図ることを目的としている。

各プロジェクトの推進に当たっては、本作業部会が「大規模学術フロンティア促進事業の年次計画について（以下、「年次計画」という。）」を作成し、進捗管理を行っているところである。「超高性能プラズマの定常運転の実証」の年次計画においては、「重水素実験が開始される前に進捗評価を実施する。」ことが留意事項として記載されており、これらへの対応状況を中心に、このたび本作業部会において進捗評価を実施した。

なお、「超高性能プラズマの定常運転の実証」計画の年次計画においては、平成27年度中に進捗評価を実施することとなっていたが、核融合科学研究所において、平成27年8月に火災事故が発生したため、本事案については事実関係が確定し、再発防止策が実行に移されるまで、その実施を見送ったところである。今回、事態に一定の進展が見られたため、進捗評価を実施することとした。

進捗評価に当たっては、関係分野の専門家の助言を得つつ、委員による研究現場の状況を確認するための現地調査、ヒアリング及びそれらを踏まえた審議を実施し、評価結果を取りまとめた。

¹ 本作業部会は、平成26年2月、日本学術会議が策定した「マスタープラン2014」を踏まえ、学術研究の大型プロジェクト推進に当たっての優先度を明らかにする観点から、学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想 ロードマップの策定—ロードマップ2014—」をとりまとめた。
URL http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/toushin/1351171.htm

「超高性能プラズマの定常運転の実証」計画について

1. 進捗評価の実施方法

現地調査・ヒアリング

今回の進捗評価に当たっては、研究現場の状況をより丁寧に把握するため、以下のとおり岐阜県土岐市にある核融合科学研究所を本作業部会委員等10名が訪問し調査を行った。

(1) 日時

平成28年7月1日(金) 10:00～16:00

(2) 参加委員

本現地調査に参加した作業部会委員は、以下のとおり。(○現地調査の主査)

作業部会委員：井本敬二、川合知二、小林良彰、鈴木洋一郎、○永宮正治、
新野宏、山中佳子、横山広美

アドバイザー：鎌田裕、小西哲之

(3) 概要

・実施責任機関からのヒアリング (60分)

計画の概要、進捗状況などについて、実施責任機関から説明を聴取した後、質疑応答を行った。

【説明者】竹入康彦所長、室賀健夫副所長、森崎友宏大型ヘリカル装置計画研究総主幹、
長壁正樹大型ヘリカル装置計画実験統括主幹 等

・現地調査 (80分)

放射線管理区域へ立ち入るための入退管理室や汚染検査室等の整備状況を確認後、大型ヘリカル装置真空容器内部にて構造や実験方法などの説明を受け、安全管理に必要なトリチウム除去装置や、制御室等の状況を確認し、質疑応答を行った。

・研究者等からのヒアリング (40分)

燃料供給装置などを担当する若手研究者や、中性粒子入射加熱装置・超伝導マグネットなどの装置開発を担当する技術開発系研究者、さらにプラズマの高温度化・不純物の輸送計測・核融合理論シミュレーションなどを担当する国際共同研究者から、研究現場で感じている課題などについてヒアリング・意見交換を行った。

・現地調査、研究者との意見交換を踏まえた実施責任機関との意見交換 (50分)

「炉心プラズマ実現に必要な学理(物理的、工学的)の体系化」、「将来の原型炉設計・製作のために必要な学術基盤の形成」の進捗状況や、今後の計画推進について、意見交換を行った。

・まとめ (45分)

本作業部会委員等において、今回の現地調査を踏まえた研究の進捗状況について議論を行い、その後、現地調査・ヒアリングについての所見を実施責任機関へ伝えた。

学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会での審議

(1) 日時 平成28年8月23日(火) 10:00～12:00

(2) 概要 進捗評価報告書(案)の審議

2. 計画の概要

(1) 概要と主な内容

核融合による発電の実現は、世界のエネルギー問題を一気に解決するとともに、CO₂による地球温暖化問題をも解決することになり、我が国の成長・発展に対して大きく貢献するものである。21世紀半ばの実用化を目指して、発電実証を行う原型炉段階に進む前提として、核融合で燃焼するプラズマの制御と核融合炉級の性能を持った超高性能プラズマの定常保持の実証が不可欠である。

本計画は、自然科学研究機構核融合科学研究所が中心となって、我が国独自のアイデアによる「大型ヘリカル装置（Large Helical Device：LHD）（以下「LHD」という。）」を用いて、高いイオン温度のプラズマや、安定した定常プラズマの維持などの核融合炉を見通すことができる超高性能プラズマを実現し、原型炉のための科学的基盤の構築とその工学設計に必要な理工学課題の解決を目指すものである。

LHDは、世界最大級の超伝導コイルを用いた磁場閉じ込めプラズマ実験装置として、平成2年に建設が開始され、平成9年に完成した。平成10年の実験開始以来、大学共同利用機関の共同利用装置として研究者コミュニティのニーズに応え、13万回以上の軽水素ガスを用いたプラズマ実験を行い、国内外の共同利用・共同研究に供し、炉心実現に必要な学理の体系、プラズマの閉じ込め特性などの実験解析、理論シミュレーション研究、プラズマ加熱等の関連工学・技術の高度化を図るなど、将来の原型炉設計・製作のために必要な学術基盤の形成に寄与してきた。

平成25年度から、これまで実験に使用してきた軽水素ガスを重水素ガスへ変更し、プラズマ閉じ込め性能の向上が見込まれる重水素実験へ向けた計画を開始している。重水素実験では、閉じ込めの改善によってイオン温度1億2000万度をはじめとするプラズマの超高性能化を実現し、同位体効果（アイソトープ効果）などの閉じ込め物理の研究や、重水素実験において新たに可能となる核融合炉実現に向けた研究（ヘリカル系における高エネルギーイオンの閉じ込めの実証、長パルス放電による炉材料における水素同位体挙動の研究）を進め、高磁場で圧力が高い安定したプラズマを実現することを目指している。

(2) 実施体制

本計画は、大学共同利用機関である核融合科学研究所（以下「研究所」という。）が実施責任機関として、全国の大学・研究機関との共同研究により推進しており、実験の計画・実施、LHD等の運転の責任は、計画の中心的役割を果たす研究者や、技術部、実験グループテーマリーダー、所外の関係機関の研究者により構成される「LHD実験会議」が担っている。

固有のテーマについての実験と研究は、所外・所内各1名をリーダーとする「実験テーマグループ」が遂行し、共同研究者の意向を反映できる体制としている。

さらに公募型の一般共同研究を通じた所外研究者による共同研究・実験の提案や、学会・シンポジウム、核融合ネットワーク会合、研究会などにおける議論・検討を通して核融合コミュニティの意見や要望を反映することとしている。

重水素実験により微量に発生するトリチウムの計測や取扱いについては、富山大学研究推進機構水素同位体科学研究センターと緊密な共同研究体制を構築し対応する

こととしている。

また、平成28年9月には、LHD実験会議の下に「LHD国際プログラム委員会」を設置し、重水素実験により期待される研究成果を国際的に展開し、国際共同研究の更なる活性化を図るための体制強化を予定している。

(3) 年次計画及び予算規模

本計画に係る年次計画及び予算規模は以下のとおりである。

大規模学術フロンティア促進事業の年次計画

計画名称	超高性能プラズマの定常運転の実証									
実施主体	【中心機関】自然科学研究機構核融合科学研究所 【連携機関】筑波大学、東北大学、富山大学、京都大学、大阪大学、九州大学									
所要経費	建設費総額 約 507 億円 重水素実験に伴う高度化 約 16 億円 年間運用経費 40 億円	計画期間			建設期間 平成 2～9 年度 運転期間 平成 10 年度以降 【事前評価】 昭和 61 年 2 月、平成 25 年 9 月 【中間評価】 平成 12 年 11 月、平成 15 年 1 月、平成 19 年 6 月、平成 21 年 1 月、平成 25 年 9 月					
計画概要	核融合エネルギーの早期実現のためには高温高密度プラズマの定常保持の実証が不可欠であり、核燃焼実験炉計画 I T E R と相補的に我が国独自のヘリカル方式による L H D の最高性能化計画を推進する。									
研究目標 (研究テーマ)	1. 炉心プラズマ実現に必要な学理（物理的、工学的）の体系化 2. 将来の原型炉設計・製作のために必要な学術基盤の形成									
年次計画	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33	H34
1. 炉心プラズマ実現に必要な学理 (物理的、工学的)の体系化 重水素を用いることにより、L H D プラズマのさらなる高温・高密度化を図り、下記の研究を実施 ・プラズマ中の電位差が閉じ込めに与える影響を解明 ・高磁場で圧力が高い安定したプラズマを実現 ・プラズマの定常運転を実現 ・プラズマ温度の 1.2 億度以上の実現 ・I T E R を含む環状プラズマを総合的に理解 など	炉心プラズマの実現とプラズマ物理の理工学の追求（重水素を用いた実験は平成 28 年度末から平成 37 年度まで（9 サイクル））									
2. 将来の原型炉設計・製作のために必要な学術基盤の形成 原型炉の設計等に必要な学術的要件を求めるために、下記の研究を実施 ・プラズマの閉じ込め特性などの実験解析（環状磁場閉じ込め装置としてのデータベースを構築） ・原型炉を想定した理論シミュレーション研究の実施 ・原型炉に必要なプラズマ加熱等の工学研究の実施	核融合原型炉に必要な学術基盤の形成									
評価の実施時期	中間評価 事前評価	—	—	進捗評価	—	中間評価	—	—	—	期末評価

【これまでの予算】

(億円)

	建設費※	設備高度化	実験・運転経費	合 計
H 2 年～H 2 4 年	4 8 6	1 0 4	9 5 9	1, 5 4 9
H 2 5 年～H 2 8 年	—	1 8	1 6 9	1 8 7
合 計	4 8 6	1 2 2	1, 1 2 8	1, 7 3 6

※装置試作費 21 億円を除く

3. 計画の進捗状況

(1) 重水素実験に向けた設備等の整備状況

放射線管理区域設定に必要な整備に関して、貫通口の穴埋めについては順次進めており、平成28年9月に完了する予定である。入退管理室、排気設備、排水設備等の整備は完了しており、実験室内の防水塗装を平成28年10月に実施することにより、管理区域設定に必要な施設・建物の改修整備は完了する予定である。

安全管理計画に基づいた安全管理機器の整備に関しては、中性子の総発生量を評価する中性子計測システムを平成26年度に整備し、高精度な計測を担保するための較正実験を平成28年11月に予定している。

研究所敷地内の放射線モニタリング装置については、平成4年度に設置した既存のシステムの更新を平成25年度に行った。

放射線総合監視システムについては、現在整備を進めており、平成28年10月に完了する予定である。

トリチウム除去装置については、平成26年度に設置を完了し、平成27年度に軽水素ガスを用いて試験調整及びLHDの真空排気と連動した実動作試験を実施し、所定の性能（除去率95%以上）を確認した。

重水素実験における主要な加熱装置であるNBIの増強整備を平成25年度に行い、平成26年度に軽水素ビームにより、その性能を確認した。NBIの増強に併せて、平成25年度に対向壁の整備を行った。本体装置の整備として設置した閉ダイバータの機能確認を行うとともに、高精度計測器の整備として、高エネルギーイオンの空間分布を計測するための中性子分布モニターの整備を行った。

放射線障害防止法に基づく管理区域の承認申請を平成27年1月に行い、同年9月に承認された。現在は、平成28年度末の重水素実験開始に向けて、管理区域の施設検査の日程を登録検査機関と調整している。

以上、一部の機器の整備の遅れにより、重水素実験の開始時期を平成28年度末に変更したが、それに向けた設備等の整備は計画通り着実に進められており、平成28年度末の重水素実験開始を確実なものにしている。

(2) 核融合研究における進捗状況

本計画はLHDによる、以下①～⑤を最終目標値とし、核融合炉の早期実現に必要な

とされる学理の探究とその体系化を図ることを目指している。

- ① 1 億 2 0 0 0 万度を超えるイオン温度を持つプラズマの実現
- ② 1 億 2 0 0 0 万度を超える電子温度を持つプラズマの実現
- ③ 1 c c あたり 4 0 0 兆個を超える電子密度を持つプラズマの実現
- ④ 5 % を超えるベータ値を持つプラズマの実現
- ⑤ プラズマの 1 時間定常維持

最終目標値のうち、軽水素ガスを使用した実験では、一部限られた条件ではあるが、

②、③、④を実現することが出来た。

重水素実験においては、イオン温度 1 億 2 0 0 0 万度を実現し、限られた中性子発生量の範囲内においてプラズマの定常維持を実施するとともに、これまでの研究において得られた知見をもとに、環状プラズマの総合的理解を推進する。

(3) 当初計画からの変更についての状況

平成 2 5 年度に重水素実験の準備に着手して以降、当初計画に従って準備を進めてきたが、予算状況や火災事故の発生により計画の一部変更を行っている。

第 1 に、重水素実験開始に必須の設備の一つである放射線総合監視システムは、当初、平成 2 7 年度の整備を予定していたが、予算状況により平成 2 8 年度に実施せざるを得なくなった。地元との約束である「平成 2 8 年度の重水素実験開始」を守るため、自助努力によるシステムの一部前倒しを含む工程の大幅な見直しにより、重水素実験開始時期を平成 2 8 年度末に変更する対応を行った。

第 2 に、平成 2 7 年 8 月 4 日に、L H D の実験施設において、請負業者によるヘリウム液化冷凍機のメンテナンス作業中に火災が発生し、作業員 1 名が死亡する事故となった。

火災事故により、超伝導コイルの冷却に必要なヘリウム液化機の復旧に 6 か月以上かかり、平成 2 7 年度に計画していた軽水素実験を中止せざるを得なかった。

中止した軽水素実験では、軽水素プラズマの限界性能の評価と、重水素実験の安全管理に重要な役割を担うトリチウム除去装置の試験を行う予定であった。

軽水素プラズマの限界性能の評価は、重水素実験前の軽水素実験の開始時期を早めることで実験期間を確保することとした。

トリチウム除去装置の試験については、プラズマ実験から独立して実施することが可能であったため、当初予定のとおり実施し、トリチウム除去装置が所定の性能を発揮していることを確認した。

また、実験を中止している期間に重水素実験に向けた整備を進めるなど、火災事故による重水素実験の開始時期及び実験内容への影響を最小限に抑えている。

(4) 再発防止策と安全管理対策

研究所では、今回の火災事故を非常に重く受け止めており、事故後速やかに所員で構成する「火災事故対策委員会」を立ち上げ、再発防止策をとりまとめ実施するとともに、実験棟内における作業環境の安全性の総点検、所内職員・作業請負者に対する緊急安全講習会、地元住民に対する火災事故・再発防止策についての説明会などを

行った。

再発防止策では、請負業者に対し人命最優先の徹底、健康管理の強化、作業現場の不燃化の徹底、消火機器準備の強化、監視体制の強化、避難経路の確保などの指導を徹底させることとし、研究所に対しては作業への立会強化、安全及び教育活動の強化、避難誘導標識の増設などの対策を取ることとしている。

これらの再発防止策を所員だけではなく請負業者や作業員にも徹底し、また強化した安全対策や危機管理体制を、重水素実験におけるトリチウム処理、放射線管理、廃棄物管理などにも展開し、より強固な安全基盤の構築を図っている。

なお、岐阜県警及び多治見署は、今回の火災事故について、請負業者3名が業務上の注意義務を怠ったとして、平成28年6月14日に書類送検した。

自然科学研究機構においては、平成27年10月に設置した「核融合科学研究所火災事故検証委員会」において、核融合科学研究所が取った措置や、再発防止策等について検証を進めているところである。

(5) 社会や国民の理解を得るための取組と地域住民への対応状況

本計画をはじめとする研究所が推進している研究活動に対して、社会や国民の理解を得るために、オープンキャンパス（一般公開）、Fusion フェスタ in Tokyo、市民学術講演会、施設見学、科学教室、ふるさと訪問授業・出前授業等の取組みを行い、研究所の研究活動及び核融合研究全体の進展状況について、広く社会へ周知し、国民の理解を得る努力を行っている。

地元自治体や地元住民に対しては、平成18年より毎年市民説明会を実施し、重水素実験の安全性について説明を行っており、平成25年からは従来の説明に加えて重水素実験開始に向けた設備の整備状況についても説明を行っている。これらの活動の継続が地元自治体と重水素実験に関する協定の締結に繋がっている。また、地元自治体が共同設置した「核融合科学研究所安全監視委員会」に対し、重水素実験の安全管理に関する情報の提供を行うとともに、円滑な運営に協力している。

さらに研究所の測定データのクロスチェックのため、同委員会が年2回実施する研究所周辺の環境水中のトリチウム濃度や環境中性子線量の測定に対する協力を行っている。

(6) 研究者コミュニティにおける検討の状況とLHDの役割

核融合研究者コミュニティにおいて、現状ではトカマク方式とヘリカル方式が相補的に環状プラズマの総合的理解を図る段階であると議論がされている。

原型炉に必要な要件は、燃焼プラズマの制御とプラズマの定常維持であり、さらに発電炉として成立するためには、プラズマ対向機器やブランケット技術等の工学課題の解決も必須である。

この中の「プラズマの定常維持」の課題に関しては、ヘリカル方式は本質的に長時間の定常運転が可能であり、工学課題に関しては、プラズマの定常維持と密接にリンクした重要課題で原型炉に向けた機器開発を行うためには、長時間放電の可能な装置で行うことは有効である。

また、ヘリカル方式の特徴である磁場の３次元性は、環状プラズマの総合的理解に向けた学術的な成果を数多く創出するとともに、周辺プラズマ制御研究などトカマク方式の研究開発にも寄与するものである。

4. 計画の進捗評価と今後の留意点

(1) 計画の進捗状況を踏まえた評価

本計画は、大学共同利用機関法人自然科学研究機構核融合科学研究所が実施責任機関として実施しており、軽水素ガスを用いたこれまでのプラズマ実験での成果を踏まえ、重水素ガスを使った実験により高度化させ、核融合燃焼条件に近い領域の超高性能定常プラズマを生成し、定常性と運転制御性に優れた原型炉を可能とする理工学の総合的体系化という目標の達成を目指す計画である。

平成28年度中の重水素実験の開始に向け、放射線管理区域設定に必要な施設・建物の改修整備や放射線障害防止法に基づく承認、加熱装置、計測装置、安全装置など実験に必要な設備の整備を着実に進めていることが認められる。

ヘリウム液化冷凍機メンテナンス作業中に発生した火災事故に対しては、事故の影響による実験計画の見直しにより影響を最小限に抑えたことや、火災事故対策委員会を速やかに立ち上げ対策防止策をまとめ、所員、請負業者に徹底させるなど迅速な対応を行ったことについて評価できる。

事故後の再発防止策などにより強化された安全管理体制を重水素実験に向けた安全対策や危機管理体制にも反映させており、より強固な安全基盤の構築が図られていることも認められるが、放射線管理区域内での不測の事態に備え、量子科学技術研究開発機構JT-60など放射線管理区域を持つ国内の他施設の安全管理体制の調査や地元消防とのより密接な連携を図るなど、安全対策・危機管理体制の一層の向上に努め、実験の安全管理に万全を期することを期待する。

計画の実施体制については、大学共同利用機関の特性を活かし、全国の大学・研究機関との共同研究体制が整備されており、核融合ネットワーク、研究者コミュニティの枠組みを活用することにより、重水素実験で必要な技術的課題が解決できる国内の共同研究体制が確立されていると評価できる。

また、LHD実験会議の下に国外の主要な研究機関の代表者を委員とするLHD国際プログラム委員会を設置し、重水素実験の成果を国際的に展開し、国際共同研究の更なる活性化を図る体制強化についても評価ができる。

社会や国民の理解を得るための取組として説明会、学術講演会、施設の一般公開などに積極的に取り組んでいることについて評価はできるが、微量な放射線が発生する重水素実験を開始するにあたっては、地元自治体との連携をより緊密にするとともに地元住民との信頼関係の一層の構築が重要である。

以上を総合的に勘案すると、重水素実験開始に向けた環境が整えられており、重水素を用いたプラズマ実験を推進することは適切であると評価する。

(2) 今後の事業の推進に当たっての留意点

上記の進捗評価を踏まえ、今後の事業の推進に当たって、以下の点について留意が必要である。なお、以下の留意点については、平成30年度に実施する予定である中間評価において、対応状況の確認を行うものとする。

① 核融合研究におけるLHDの役割について

本計画は、巨額な予算を必要とし、かつ長期間にわたる計画であり、その推進に当たっては、社会や国民の一層の理解が不可欠である。

そのためには、トカマク方式とヘリカル方式に係る研究が相補的に進められている中で、核融合発電の実現に至るまでの道筋や原型炉開発に向けてヘリカル方式が果たすべき役割・貢献を一層明確にする必要がある。

また、原型炉方式が確定した後の研究の在り方について核融合研究者コミュニティでの真摯な議論を早期に進める必要がある。

同時に、核融合発電の実現といった長期的な目標だけではなく、当面の目標とすべき学術上の成果や産業界等への応用が見込まれる波及効果、核融合研究に携わる人材育成への貢献などについても明確にする必要がある。

② 安全管理体制について

重水素実験では、これまでの軽水素ガスを用いた実験とは異なり、微量といえども放射線が発生する。放射線管理区域の設定、放射線総合監視システムの整備、トリチウム除去装置の整備など、重水素実験開始に向けて必要な体制は整えているが、放射線管理区域内での不測の事態に備え、放射線管理区域を持つ、国内の他施設の体制なども参考に、地元自治体・消防とも連携した安全管理体制をより充実させていくことが必要である。特に、放射線管理区域内での火災発生に備え、地元消防と連携・協力した消防計画をまとめておく必要がある。

③ 自治体との連携や社会や国民の理解を得る取組について

研究所においては、これまでも社会や国民の理解を得るための努力を行っているが、本計画の推進にあたっては、地元住民・自治体の理解とともに、信頼を得ることが重要である。地元住民との双方向の交流を重ね、研究所や研究者に対する信頼を高めつつ、重水素実験の役割、安全性、不測の事態が発生した場合の対応などについて、引き続き丁寧な説明を継続することが必要である。その際、様々な取組の効果の把握にも努めることが必要である。

用語解説

○ 核融合による発電

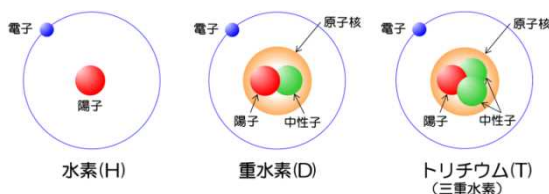
重水素と三重水素の原子核が融合し、ヘリウムと中性子に変化する際、発生するエネルギーを利用する。燃料は事実上無尽蔵、原理的に暴走しない安全性、高レベル放射性廃棄物が生じない、などの特長を持つ。一方、その実現には燃料を1億度以上のプラズマ状態に保つ必要があり、このためにはプラズマの挙動の理解と制御技術の確立が急がれている。

○ 同位体効果（アイソトープ効果）

同位体の質量の相違がプラズマの物理的な性質に与える影響のこと。LHDにおいては、水素のほぼ2倍の質量を持つ同位体である重水素を用いる実験が計画されている。この重水素実験において、プラズマの磁場による閉じ込め特性に変化が出ること等により、LHDのイオン温度等の最終目標値達成が期待されている。

○ 重水素、トリチウム

重水素は元素記号 ^2H （略号：D）で表わされる水素の同位体で、水素の約2倍の質量を持っており、海水中に豊富に含まれる。同じく ^3H （略号：T）で表わされるトリチウム（三重水素）は、水素の約3倍の質量を持つ放射性の元素である。自然界にも僅かに存在する。核融合炉は両者を燃料として利用する。（下図参照）



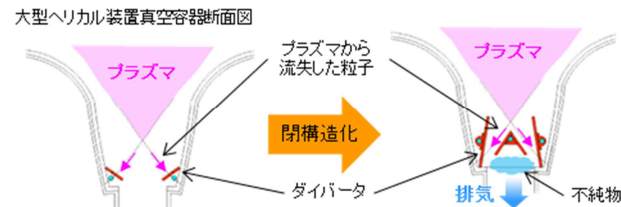
○ NBI

中性粒子入射加熱装置（Neutral Beam Injector）の略語。

プラズマを加熱する装置（手法）の一つ。NBIは高エネルギーの電氣的に中性な粒子（通常、水素原子）を入射して、その運動エネルギーをプラズマに付与することで加熱する。NBIでは、水素イオンを高エネルギーに加速した後に、電氣的に中性な水素原子に変換することで、高エネルギーの中性粒子を生成する。なお、高エネルギーの水素イオンを生成する機器をイオン源という。

○ダイバータ

プラズマから流出した余剰粒子（イオン）を受熱板（ダイバータ板）で受けて中性化し、排気する装置。プラズマを冷却する原因となる不純物を減少させる効果もある。閉構造化して中性粒子がプラズマに逆流しない構造にすることで、排気性能を高めることができる。LHDのダイバータは一部閉構造化している。（下図参照）



○ 国際熱核融合実験炉（ITER）計画

ITER は International Thermonuclear Experimental Reactor の略。制御された核燃焼プラズマの維持と長時間燃焼（1,000 秒程度）によって核融合の科学的・技術的実現性を実証することを目指したトカマク型の核融合実験炉計画。

○ DT 核燃焼

水素同位体である重水素（D）とトリチウム（T）の核融合反応。将来の核融合炉でエネルギーを取り出す際にはこの反応が用いられる。エネルギーを取り出すことができる核融合反応の中で最も起こりやすい反応。

○ ヘリカル方式とトカマク方式

プラズマは電離した状態であることから磁場によって閉じ込めることができる。端のない磁力線によって磁場のカゴをつくるため、形状は環状になる。この環状の磁場のカゴを作るために、外部のらせん（ヘリカル）状の電磁石のみを用いるものがヘリカル方式、外部の平面状の電磁石とプラズマ内部の電流を組み合わせるものがトカマク方式。

○ ブランケット

DT 反応で発生する中性子の運動エネルギーを、発電に用いる熱エネルギーに変換する装置。中性子を受け止めることから、遮蔽の役割も持っている。また、燃料であるトリチウムを生産する設備でもある。

科学技術・学術審議会学術分科会研究環境基盤部会
学術研究の大型プロジェクトに関する作業部会 委員等名簿

(委員)

西 尾 章治郎 大阪大学総長

(臨時委員)

海 部 宣 男 自然科学研究機構国立天文台名誉教授

川 合 知 二 大阪大学産業科学研究所特任教授

伊 藤 早 苗 九州大学応用力学研究所教授

井 本 敬 二※ 自然科学研究機構生理学研究所長

大 島 ま り 東京大学大学院情報学環教授、

東京大学生産技術研究所教授

小 林 良 彰 慶應義塾大学法学部教授

瀧 澤 美奈子 科学ジャーナリスト

横 山 広 美 東京大学大学院理学系研究科准教授

(専門委員)

鈴 木 洋一郎 東京大学国際高等研究所ガリ数物連携宇宙研究機構特任教授

永 宮 正 治 理化学研究所研究顧問、
高エネルギー加速器研究機構名誉教授

新 野 宏 東京大学大気海洋研究所教授

松 岡 彩 子 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所准教授

山 中 佳 子 名古屋大学大学院環境学研究科准教授

※評価にご協力いただいた専門家

(超高性能プラズマの定常運転の実証)

鎌田 裕 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 核融合エネルギー
研究開発部門那珂核融合研究所 先進プラズマ研究部長

小西 哲之 京都大学エネルギー理工学研究所教授

(敬称略、五十音順)

※井本委員は、「超高性能プラズマの定常運転の実証」計画の利害関係者であるため、進捗
評価には参加していない。