

第19サイクルプラズマ実験を振り返って ～イオン温度1億2,000万度を達成～

森 崎 友 宏

平成29年2月8日から行われてきた、大型ヘリカル装置（LHD）の第19サイクルプラズマ実験は、まず軽水素ガスを用いた実験からスタートし、3月7日に重水素ガスを用いた実験（重水素実験）に移行、7月11日にはガスを再び軽水素に戻し、8月3日に予定どおり終了しました。この間、100日間にわたり、13,000回を超えるプラズマ生成を行って、国内外の大学・研究機関からの多くの研究者とともに共同研究を進め、数々の新しい知見を得ることができました。以下、今回の実験を振り返ります。

LHDでは初となる重水素実験が実施された第19サイクルプラズマ実験の特筆すべき成果は、イオン温度1億2,000万度を達成したことです。これまで19年間に及ぶ軽水素を用いた実験では、9,400万度が限界であったイオン温度が、ガスを重水素に替えた直後に1億度を超えたのです。重水素実験開始1週間後の制御室は、「1億度超え」を示す計測器のモニター画面に見入る研究者の熱気で、体感温度が数度上がった？気がしました。これに勢いづいた実験チームは更に努力を重ね、まだ1億度超えの興奮も冷めやらぬ4月末には、イオン温度がLHDの最終目標である1億2,000万度に到達した徴候を何度かつかみました。この温度は核融合を実現するために最も重要なプラズマ条件の1つであり、LHDでそれを達成したということは非常に大きな意義を持っています。LHDに代表される「ヘリカル型」と呼ばれる方式のプラズマ発生装置は、原理上定常運転が可能のため、将来の核融合発電に適した方式とされていますが、プラズマの更なる高性能化が課題となっていました。このような中、プラズマ性能の指標であるイオン温度が、核融合に必要な条件を達成したということで、制御室は再び熱気に包まれました。しかし、我々は「データの十分な精査と再現性の確認」という実験研究の基本を忠実に守ることを全員で再確認した上で、「この重要な成果をすぐにでも発表したい」という、はやる気持ち

を抑えて再び実験に戻る決断を下しました。関係者で協議した結果、再現実験は7月第1週に行うことに決めました。

LHDで行うプラズマ実験は多岐にわたります。高いイオン温度の達成といったテーマのほかに、その高温状態を達成・維持するために必要なプラズマの挙動や、背景に存在する物理法則の解明等を目指した重要な研究テーマの実験も数多く行っています。それぞれのテーマには、共同研究者をはじめとする多くの研究者、技術者が関わっており、各テーマリーダーは、自身の関係するテーマの実験時間（実験現場ではこれを「マシンタイム」と呼びます）の確保に必死です。当然、実験サイクル開始前にテーマリーダーが集まって詳細な実験計画を作成するのですが、実験の進捗により、上述した再現実験実施のように、調整も必要になります。この場合、臨時のテーマリーダー会議を開いて侃々諤々の議論を重ね、重要度を考慮した最も効率的な実験計画を調整することになります。この計画に従って、各テーマの実験が進められていくのですが、各テーマのマシンタイムは更に細かく分ける場合がほとんどです。その最終調整は、実験関係者全員が集まって毎朝8時35分から始まる「実験前ミーティング」で行います（写真1）。ここでは「分単位」の細かな調整が行われることがあります。研究者の実験時間に対する熱意は相当なもので、1分でも多く確保して大切に使う儉約家がほとんどです。

さて、話を7月第1週の実験に戻しましょう。週末に真空容器壁を放電洗浄（弱いプラズマで真空容器壁の不純物や余分なガスを除去すること）やベーキング（温度を上げて容器壁に付着した余分なガスを除去すること）で整え、加熱装置も最高パワーを発揮できるように十分な調整を施した上で7月5日、イオン温度1億2,000万度の再現実験を行いました。実験ミーティング終了後直ちに実験を開始、加熱装置の調子が上がってくるのに合わせてイ

オン温度も上昇し、お昼すぎには1億度を超えました。昼食は交代でとるため実験は連続して行きます。そして、午後2時を過ぎた頃には1億2,000万度に手が届き始め、制御室内に静かな拍手が起こりました。実験終了後、午後7時から始める定例の「まとめ会合」で、計測担当者からデータの「お墨付き」が得られ、LHDのイオン温度1億2,000万度達成が正式に宣言されました（図1）。上述したように、今回、世界最大級のヘリカル型装置であるLHDにおいて、イオン温度1億2,000万度を達成したことは、ヘリカル型の課題であったプラズマの高性能化に対して、その解決への見通しをつけた点で、非常に大きな意義があります。

第19サイクルプラズマ実験は、重水素実験開始に伴う準備・調整実験の期間をとったことにより、年度をまたいで約6か月という長期に及びました。法令に基づく管理区域が設定されたため、これまで以上に安全に配慮するとともに、すべてにおいて緊張感を維持して実験に当たってきました。このため、実験に携わってきた全ての研究者、技術者、運転員が実験終了後、心地よい解放感に浸りました。しか

しそれもつかの間、翌日から再び来年度の実験に向けた準備作業に取りかかりました。

最後に、長期間にわたって共に実験遂行にご尽力いただいた共同研究者の方々、また重水素実験の開始にあたり、ご理解、ご協力をいただきました地元関係者の皆様に改めて感謝の意を表します。
（大型ヘリカル装置計画研究総主幹
／高密度プラズマ研究系 教授）

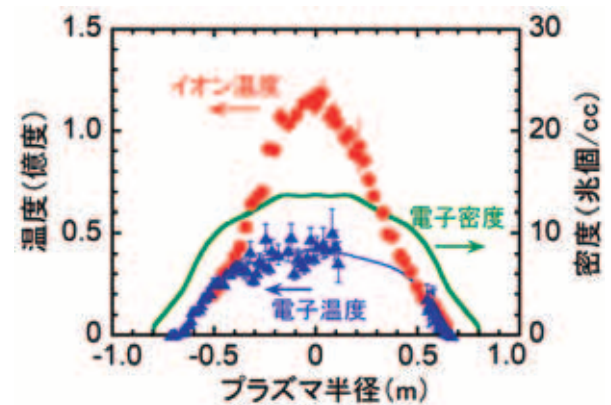


図1 1億2,000万度を達成したプラズマのイオン温度、電子温度、電子密度の径方向分布。プラズマ半径“0m”は、プラズマの中心を示す。



写真1 朝の実験前ミーティングの様子