



6. おわりに～まとめと展望

6. Conclusion

稲垣 滋

INAGAKI Shigeru

九州大学応用力学研究所

(原稿受付：2014年9月4日)

これから磁場閉じ込めプラズマ実験を初めるという大学院生、プラズマ実験プロジェクトを立ち上げる若手研究者を対象に必要な最低限の実験知識とノウハウをまとめる事を目的に本講座を開講しました。今回は実際に実験を行う際の手順、即ち、まず真空容器を排気し、プラズマを生成・加熱し、様々な計測器でプラズマを測る、という順番に沿ってそれぞれの場面で必要となる事項を取り上げました。

第2章では「真空」をキーワードにその取り扱い及び設計に関する基礎知識をまとめました。真空ポンプや真空計の種類と選定方法、コンダクタンスの計算方法等について説明し、良い真空状態を得るには真空機器の形状や材質に気を配る必要がある事を示しました。磁場閉じ込めプラズマ実験では一般的な真空装置と大きく異なり、真空容器内に高エネルギーの粒子が多く存在します。これら高エネルギー粒子は真空容器内の様々な機器と相互作用します。この非熱的相互作用は真空度悪化、不純物混入等を通じてプラズマの性質に大きな影響を及ぼします。本講座では詳しくは取り上げませんでしたが、磁場閉じ込めプラズマを制御しようとする場合には心に留めておいてください。第3章では磁場閉じ込めプラズマには必須の閉じ込め磁場用電源、プラズマを生成・加熱するECR電源やNBI電源について共通キーワードである「高電圧」「高周波数」「パルス」という視点から具体例を示しながら解説しました。これら電源は大電力のものが多く、そのため小さなミスが大きな事故につながる可能性があります。安全性については本章でも触れられていますが、是非第5章も併せてお読みください。第4章では「計測」について、素子やケーブル、ノイズ源等、論文等に載っている計測器のボンチ絵や回路図に詳しく書かれることの少ないものを対象として取り上げました。本章で説明した素子、回路、ノイズの特性は非常に一般的であり、磁場閉じ込めプラズマばかりでなく、一般的なプラズマの計測でも適用可能です。本章がノイズ特性の軽減等を通じて計測環境の改善につながれば幸いです。また本章のコラムにもありますように、計測器や本体機器の制御は電子化され、シーケンス制御装置の開発はソフトウェアの開発と同様に行えるようになってきました。このような技術は年々高性能化しています。機会がありましたら

計測データの自動保存、自動解析、自動バックアップ等の話題と併せて紹介したいと思います。第5章では安全性について磁場閉じ込めプラズマ実験で起こりうる事故を想定し、その原因と対策を解説しております。安全性は実験を行う上で最も重要視すべきです。実験を始める前に必ず本章を一読することを強く勧めます。

本講座のコラムではいくつかの失敗談を紹介しました。私も真空関連だけでも、真空引きしたらプローブが吸い込まれた。マイクロ波でO-リングがこげた。ガラス窓付きフランジを締めていたら割れた。装置の上から入れたプローブの絶縁管だけすっぽりと抜け真空容器の中に落ちた。ガムテープをくっつけた針金でそれを回収した、...一通りの事はやらかしています。これらの失敗は幸運にも機器の破損や真空悪化程度で済みましたが、一步間違えれば事故につながった可能性もありました。事故を未然に防ぐためにも同じ失敗は繰り返さないことが重要です。そのためには失敗事例の公開と共有が役に立ちます。最近では「失敗学」という言葉が生まれ、失敗の原因を究明しよう、失敗に学ぼう、とする動きが活発になっています。今回紹介した失敗で類似の失敗事例が少しでも減ることを願っています。

本講座では「真空関連」「電源関連」「計測関連」および「安全性」と要素ごとに分けて解説しましたが、そこには実験装置がある、という前提がありました。実験装置も含めてゼロから全てを構築して実験を開始する場合には更なる「要素」が必要となります。まず一番重要なのは基盤施設である「実験室」です。実験室の広さ、高さ、床の耐荷重、受電容量、冷却水流量、実験室全体のアースの設計、これらは実験の成否とプロジェクトの拡張性に大きく影響します。次にこれら「要素」の理解に加えて、それらの関連を理解する必要があります。実験装置を実験システムとして全体を統合的に俯瞰することが求められます。若手研究者は実験室の確保から求められることは少ないとは思いますが、現在のプロジェクトがどんどん発展していけば必ずどこかで「更地から全てを構築する」ことが必要になってきます。来るべくその日に向けて、本講座の次のステップとして、「実験室の作り方」のような講座を思いつきました。機会があればご紹介したいと思います。