

実験装置資料に基づく核融合の歴史

Historical Review of Fusion Development Based on Experimental Devices

黒田勉¹, 久保伸², 井口春和¹, 松岡啓介², 難波忠清¹, 木村一枝¹, 遠藤満子²Tsutomu KURODA¹, Shin KUBO², Harukazu IGUCHI¹, Keisuke MATSUOKA², Chusei NAMBA¹, Kazue KIMURA¹, Mitsuko ENDO²元核融合研¹, 核融合研²NIFS OB¹, NIFS²

核融合研究草創期から1990年頃までの磁場閉じ込め核融合研究へとつながる実験装置と実験研究の歴史的資料を学会誌、学会予稿集や報告書などから調査収集し磁気核融合研究の発展過程をまとめている。これまでに、資料の収集整理がほぼ終わり、過去、連合講演会等で経過1970年代までを中心に成果を報告してきた[1,2]。その後、すでに報告された部分に加えて1990年代までの整理がほぼ完了し通して、総まとめの作業と科学的観点からの考察をおこなっている。

1956年頃から開始された我が国の磁場閉じ込め核融合関連の実験研究は、ピンチ、ミラー、ステラレータの閉じ込め方式の装置、放電プラズマの基礎研究が進む過程で、核融合開発の困難さが認識されたため、プラズマの基礎研究の基盤の上に核融合の原理を探求することになり、プラズマ研究所が創設され、基礎研究が進められた。その結果、1964年頃には装置改良・プラズマの理解が進み普遍的議論が可能な段階となり、国内外での最小磁場と平均最小磁場の閉じ込めへの有効性確認やトカマクの閉じ込め改善などの結果を受け、核融合開発研究を推進する方向性が定まり、核融合研究装置による、ジュール加熱プラズマの閉じ込め研究が進められた。並行して、小型装置でもプラズマパラメータの領域が拡大した。1973年のトカマクの追加熱の成功で研究が活発化し、中型核融合装置で高温プラズマ生成・閉じ込め・制御と加熱装置の開発がおこなわれるようになり、大学でもプラズマの基礎的研究が進むとともに小型トカマクで高ベータ化などの物理的技術的基盤研究が開始されトカマクに代わる多様な閉じ込め方式を模索する研究がされるようになった。中でもミラー装置は損失の軽減方式の研究と同時にその手段としての高周波や粒子源の技術開発が盛んになった。また、基礎実験でも乱れの少ないプラズマ生成を行い、詳細な物理研究が可能となった。これらの進展を背景とし、1970年代後半には、大型トカマクでの大電力加熱やダイバータの有効性の実証など重要課題の解決が進み、核融合開発研究は着実に進歩した。これらの影響を受け、NBIとRFによる大電力加熱技術が、高効率・高機能な加熱手法の確立に向けて研究が促進された。1982年のトカマクにおけるHモードの発見を契機としてトカマクの実験装置はさらに大型化へ進んだ。核融合実験装置は改良、新提案付加をしながら大型化やトカマクにおける電流駆動の確立へと研究を発展させ、制御技術と加熱技術はさらなる高効率化・高機能化などの工学的開発研究が進められた。大学における研究も、加熱技術開発を基礎的物理研究で支え、小型装置や小型トカマクでの加熱・電流駆動の基礎研究がおこなわれ、高周波発振源の開発も進められ、今日の大電力加熱の基礎となった。

このような、歴史的経緯を概観しそれらを踏まえ、個々の技術開発、装置開発と核融合プラズマの発展の関連を議論する。

[1] 黒田 勉 他、第8回エネルギー連合講演会(2010年6月10日、高山市民会館)「我国核融合研究草創期の実験装置とその展開」

[2] 黒田 勉 他、第9回エネルギー連合講演会(2012年6月28-29日、神戸国際会議場)「我が国におけるプラズマ加熱装置・技術の変遷」