

我が国核融合研究草創期の実験装置とその展開

Experimental devices at the beginning of fusion research in Japan and their Progress

黒田 勉¹⁾、松岡啓介¹⁾、難波忠清、藤田順治¹⁾、大林治夫¹⁾、狐崎晶雄²⁾、水内 亨³⁾、平田久子⁴⁾

核融合研、核融合研(名誉教授)¹⁾、高度情報科学技術研究機構²⁾、京大エネルギー理工研³⁾、筑波大⁴⁾

Tsutomu Kuroda¹⁾, Keisuke Matsuoka¹⁾, Chusei Namba, Junji Fujita¹⁾, Haruo Obayashi¹⁾, Akio Kitsunozaki²⁾,
Tohru Mizuuchi³⁾, Hisako Hirata⁴⁾

NIFS, NIFS(Prof. Emeritus)¹⁾, Research Organization for Information Sci. & Tech.²⁾ Kyoto Univ.³⁾, Tsukuba Univ.⁴⁾

我が国の制御熱核融合研究草創期からの実験装置と実験研究を 1970 年頃までのアーカイブズ(学会誌、学会予稿集、核融合研究誌など)を基に調査した。我が国の核融合実験研究は、1955 年頃阪大溶接工学研究室で始められた強電流アーク放電を利用する超高温の発生という基礎的研究を進展させ、手造りのコンデンサー群によるクルチャトフ型の直線ピンチ実験が 1956 年同研究室で始められた。同じ頃電気試験所のトラス放電でのピンチの研究、及び名大工学部山本研の環状ピンチの装置と実験の学会発表があり、次々と大学、研究所を中心に核融合研究が 3 つの閉じ込め方式 pinch, mirror, stellarator を中心に行われるようになった。これらのうち、主なものの年次経過を表に示す。

これらの高温プラズマ発生装置はジュネーブ会議の論文やこの頃までに公開発表された実験装置と同規模で、発表された理論や技術を基に独自性を出して設計された追試水準の装置である。いずれの装置も運転段階で大電流放電に伴う誘導、アーキング、不正確なスイッチング動作、耐電圧などの技術的問題、再現性あるプラズマ生成、計測の信頼性向上、コンデンサーの低インダクタンス化の技術開発や構成機器(強磁場コイル、ガン、スイッチ、など)の開発、計測機器や計測技術の開発など問題を解決しながら研究を進めたことが学会発表や研究会の報告で見られる。参照した諸外国の装置と同程度のパラメータのプラズマの生成に近づき、定性的な理解から定量的な理解へと研究を進めている。この頃まで英国、米国、ソヴィエトなどがプロジェクト研究として開発研究を進めたが、1960 年代の我が国の研究は 1970 年頃まで各大学、研究所、企業でプラズマ研究を中心に進められた。

閉じ込め、加熱など装置の大きな発展はなかったが、諸外国での中性子、X 線観測による核融合反応実証を明確な研究目的とした総合装置での実験研究から安定なプラズマの生成法の改良による実験を説明しうる物理的理解を深めるためのより精度の高い実験への移行段階であり、1970 年頃からのトカマク主流の核融合の計画研究への礎を築いた時期と言える。

装置	年	1955			1960			1965			1970			1975			1980			
		TMP,T1	T-2	(ZETA)	TM1	TM2	T-3				T-6	T-9	T-4	T-10	T-12	T-13				
外国	Tokmak																			
ピンチ	阪大ピンチ	小規模実験																		
	理研アーク	大電流放電によるピンチプラズマの研究(100kJ,50kV,80μF)																		
	東工大直線ピンチ	超高温熱源ピンチ18kVsec																		
	名大トラス	直線状放電・低電圧大容量直流放電(104φ, 160L)																		
	三菱電機環状ピンチ	プラズマ生成・性質																		
ステラ	電気試験所	高エネルギーアーク分光・プローブ計測																		
	東大理ベータトロン他	ピンチ																		
	京大ヘリオトロン	誘導ピンチ																		
		電磁測定衝撃大電流放電用スイッチの開発																		
		設計1号機																		
ミラ	日大ミラー	2号機																		
	阪大工・理学部HX	2号機の平衡、プラズマの拡散																		
	東北大アルフベン波	閉じ込め実験・振動Te=20~40eV																		
	日立イオンサイクロ	環状型放電装置稼働開始																		
	名大理ミラー	環状プラズマの磁気圧縮の実験																		
ラ	阪大工カスプ	高温プラズマ発生法の研究																		
	筑波ガンマ	進行磁界によるプラズマの閉じ込め																		
		シラー型トラス																		
		トラス高温プラズマ発生装置																		
		ロゴスキーコイル、高速カメラ																		
研究所	日本原子力研究所	逆安定磁界を用いたトラス型																		
	プラズマ研究所	プラズマベータトロンI																		
		run away electron																		
		8字型ビーム安定性による加熱																		
		プラズマを200eVまで加速																		
		磁場の提案																		
		A																		
		計画予備実験																		
		コイル改良																		
		Te~200eV																		
		建設完コイル破損																		
		計測・装置技術																		
		X線発生源																		
		装置組立て中																		
		カーボンアーク																		
		高周波電場とミラー損失																		
		プラズマの発生																		
		ミラープラズマへの打ち込み																		
		gold plasma 密度10 ¹⁶ /cm ³																		
		磁気流体波共鳴の実験AERA-II																		
		Asperator																		
		磁場内の大電流放電特性																		
		大振幅電磁流体波の実験																		
		装置建設																		
		実験開始・イオンサイクロトロン装置実験I																		
		技術課題真空ガラス・メタル接合など																		
		組立完・磁気鏡内の電子の運動																		
		ビーム軌道の測定																		
		検討																		
		予備実験																		
		X線発生源																		
		入射型プラズマ装置																		
		製作																		
		実験開始																		
		ガンの開発																		
		ストリーク写真、磁気短針で入射過程を観測																		
		G1,2 G6																		
		3																		
		G10																		
		トラス型のヘキサポール装置																		
		JFT-1																		
		JFT-2																		
		JFT-2a																		
		創設 QP装置、TPD計画																		
		JIPP-1																		
		JIPPT-II建設																		
		JIPPT-II実験																		
		BSGプロジェクト																		
		新領域プラズマ研究計画																		