

## 兵庫県立大HIST実験のレビューと革新的核融合への貢献 Reviews of the HIST experiments of University of Hyogo and its contribution on the innovative fusions

永田正義  
Masayoshi Nagata  
兵庫県立大  
University of Hyogo

### 【ガンCT/ST研究の歴史的経緯と今後の展望】

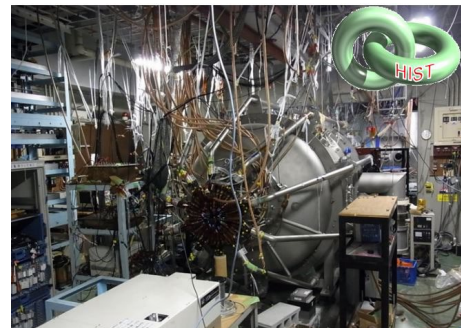
1980年代、コンパクトで安価な核融合炉実現を目指したコンパクト・トーラス (CT: スフェロマック、FRC) 研究は日米協力の下で精力的に開始された。その中で、磁化同軸プラズマガン (MCPG) を用いたスフェロマック実験は CTCC-I (阪大) と CTX (LANL) で実施された。前者ではマーキング実験の成果を基に二つの対抗した MCPG による衝突合体圧縮実験も計画され、最近の核融合ベンチャー企業のアイデアの先駆けとなった。また、後者では磁気ヘリシティ入射による電流維持の実証と閉じ込め改善による 400eV のコア電子温度が達成されたが終結した。米国では 2002 年頃にその成果が再評価され、SSPX (LLNL) で再実験がスタートした。

筆者は姫路工業大 (現: 兵庫県立大) 宇山研究室において、1987 年に FACT 装置<sup>1)</sup> を建設し、内部電極内挿入の OH コイルを用いたスフェロマックの磁束増幅実験 (誘導型ヘリシティ入射) を開始した。その後、CT 研究は閉じ込め性能の低さから、次第にヘリシティ物理研究や CT 入射の応用研究 (先進的燃料粒子補給) に関心がシフトして行った。その転換期に世界中で多くの球状トーラス (ST) 装置が建設された。その潮流の中、1993 年、我々は装置中心対称軸上に軸方向電流を流し、スフェロマックに外部トロイダル磁場を重畳させた低アスペクト比トカマク生成のための HIST 装置<sup>2,3)</sup> を建設した。これにより、巨視的な MHD 不安定性が安定化され、ヘリシティ入射による長時間維持が実現した。この実験は、同軸ヘリシティ入射 (CHI) として、HIT (UW) や NSTX (PPPL) でも実施されたが、その後、ダイナモ揺動の影響と閉じた磁束形成が課題と認識され、電流立ち上げに特化した Transient-CHI 実験にシフトした。最近では、国内の QUEST (九大) で同実験が実施され、米国では Pegasus (UW-Madison) で、CHI と LHI の混合実験が間もなくスタートする予定である。これらガンピンチ・フロー関連の最新の革新的核融合

研究は北米のベンチャー企業 (Zap-Energy, General Fusion, TAE, Helicity Space 他) で急速に再興隆の兆しを見せている。一方、兵庫県立大の HIST 装置は長き約 25 年間の運転を終結した。

### 【研究課題と成果】

HIST 装置では、MCPG を使ったヘリシティ入射によって、1) 磁束増幅、定常化と高ベータ化 2) MHD 緩和と自己組織化の物理 3) 駆動系トーラスの緩和配位形成と自己反転現象 4) 2 流体緩和平衡 5) 2 流体ダイナモとホール効果 6) 回転磁界による MHD 緩和制御 7) ST プラズマへの CT 入射 8) プラズモイド型リコネクションとイオン加熱など多彩な研究を実施した<sup>4)</sup>。本講演ではこれらの成果のレビューを行う。



HIST (Helicity Injected Spherical Torus) 装置

### 【参考論文】

- 1) M. Nagata *et al.*, Phys. Rev. Lett. **71**, 342 (1993)
- 2) M. Nagata *et al.*, Phys. Rev. Lett. **90**, 225001 (2003)
- 3) M. Nagata *et al.*, Phys. Plasmas **10**, 2932 (2003)
- 4) 永田正義、神吉隆司、プラズマ・核融合学会誌、**93**, 563 (2017)

### 【謝辞】

長年の FACT/HIST 実験の成果は、研究室の多くの卒業生達の努力の結晶と研鑽の賜物であり、感謝に堪えない。また、これまで実験、理論計算に多大なご協力を頂いた福本直之氏、菊池祐介氏、神吉隆司氏を始め、国内、海外の数多くの共同研究者の皆様へ感謝申し上げます。また、科研費及び日米協力事業による研究支援・協力に感謝致します。