

平成25年度総合研究大学院大学アジア冬の学校(AWS2013)

石黒 静 児

核融合科学研究所(NIFS)に併設されている総合研究大学院大学(総研大)核融合科学専攻による総研大アジア冬の学校が平成25年12月10日から13日までNIFSで開催されました。今回は、中国、韓国、インド、台湾、インドネシア、エジプト、イタリア、セルビア、ハンガリーの9つの国と地域から16名、国内からは9名の合計25名のプラズマ・核融合に関心を持つ学生や若手研究者が参加しました。この内訳は学部生6名、大学院生14名、若手研究者5名となっています。

初日の開校式では小森彰夫所長による歓迎の挨拶があり、4日間の開催期間中に7件の講義が行われました。講義の内容は、プラズマ閉じ込め、プラズマ波動及び加熱といったプラズマ・核融合の基礎的講義、磁気流体シミュレーション、プラズマ粒子シミュレーション、分子科学研究所の講師による分子シミュレーションといった、シミュレーション技法とその応用に関する講義、プラズマとその中の高エネルギー粒子の相互作用に関わる諸現象の実験研究や相対論的高エネルギー密度プラズマといった最近の研究に関する講義等、多岐にわたるものでした。これらの講義に加

えて、大型ヘリカル装置(LHD)実験中の制御室の見学や、バーチャルリアリティ(VR)の体験実習、参加者及びNIFSで活動している学生や研究者によるポスター発表が行われ、活発な議論・交流が見られました。

この総研大アジア冬の学校は、総研大物理科学研究科の5専攻の教育・研究活動を国内外の学生や若手研究者に広く供するために、平成16年度より毎年冬に開催されています。本年度は、「世界を眺める新しい目」を5専攻共通テーマ、「プラズマ物理と核融合科学における複合的アプローチ」を核融合科学専攻のサブテーマとし、例年と同様にシミュレーション科学の普及・教育を目的とするシミュレーション科学教育講座との共催として行われました。

(基礎物理シミュレーション研究系 研究主幹・教授)
総合研究大学院大学・物理科学研究科・核融合科学専攻/併任



集合写真



実験中の制御室見学



ポスター発表

主流も大事だけれど

岡村 昇 一



私の核融合科学研究所(NIFS)での研究歴は、その前身の名古屋大学プラズマ研究所から始まっています。名大の東山サイトの西のはずれにあった「プラ研」の実験棟の中で、第二実験棟と呼ばれる大きな実験室の中にできあがったばかりのRFCという装置があり、その実験グループの一人として1977年に研究歴をスタートしました。この装置はカスプ磁場配位を基本としています。カスプ磁場配位というのはプラズマを閉じ込める磁力線に、線カスプと点カスプと呼ばれる出口が二カ所あります。プラズマが出口から逃げてしまえば「閉じ込め」にならないので、そこに蓋(plugging)をします。その蓋のメカニズムとして、高周波を用いた動重力と呼ばれる物理現象を用いることから、radio-frequency confinement(RFC)という呼び名が付いています。

この頃の核融合研究は、閉じ込め装置のいろいろな方式が群雄割拠の時代で、それぞれの実験装置がその優位性を主張し合う状況でした。それでも主流と非主流というような役割の区別はあって、RFCはその物理的な興味深さについては多くの研究者の認めるものですが、閉じ込めの概念としては主流とは言えない役割でした。磁力線の出口をなんらかの方法で蓋をし、良いプラズマ閉じ込めを実現するコンセプトを開放端系と呼びますが、その頃の主流はタンデムミラーと呼ぶ装置であって、筑波大学プラズマ研究センターのガンマ10がその役割を担っていました。

世界的には、現在はレーザー核融合の研究で有名な、米国のローレンス・リバモア国立研究所がタンデムミラー閉じ込めの代表的な研究所であり、そこでは巨大なTMAXと呼ばれる装置が建設中でした。しかし残念なことに、その計画は装置の完成直前で中止となり、その流れは日本のプラ研にまで影響したように思います。プラ研ではドーナツ状の磁場配位を用いたトラス閉じ込め研究に集中する方針が決まり、全国的な議論に基づいた大型ヘリカル装置(LHD)の建設に向けて、新しくNIFSがスタートしました。

LHDは設計と建設だけでも10年に及ぶ期間を必要としますので、その間、大型装置での研究に先立って予備的な研究を進めることが必要との認識から、NIFSにおいて小型のヘリカル装置を建設する計画がスタートしました。その装置は小型であっても実験装置として優れた能力を持つことが要請されます。また研究のスタートまで何年もかかるようでは準備研究の意味がありません。実際には装置の設計と建設とをほぼ一年ずつで完了するような、特急仕上げの実験計画がスタートしました。それがCHS実験計画です。私はRFC実験の終結からすぐにこのCHS計画に参加し、実験計画策定のための磁場配位の詳細検討、とりわけダイバータ配位の検討等を行いました。

CHS実験では、その当時のNIFSの優秀な研究者が集まって、装置の設計から実験研究の遂行までを通した、一貫したグループ研究が行われたと思います。装置の設計段階からプラズマ計測を十分考慮した議論が行われ、その経験はLHD設計にも生かされました。CHSの名前はCompact Helical Systemの略ですが、その名の通りサイズの小さな装置に、プラズ

マ加熱装置、計測装置がかなり贅沢に備わっている実験設備です。ヘリカル系閉じ込めでの高ベータプラズマの記録や、内寄せ配位による閉じ込め改善、プラズマ中の電場の構造、プラズマの回転に関わる多くの物理的理解の進展、Hモード等の高閉じ込めモードの研究、高エネルギー粒子とMHDモードの相互作用、更にはローカルアイランドダイバータ等、現在のLHD実験で精力的に進められている研究の多くの課題に関して、その予備的な研究成果を上げることができました。特筆すべき研究成果としては、帯状流に関する実証実験に成功し、この成果はその後の世界的規模での研究の進展を先導することになりました。これらの研究成果は、それぞれの実験や計測に関わったメンバーによるものですが、非常に自由な雰囲気での活発な研究の現場に加わることができたことは、自分の研究人生において大きな財産となりました。

CHS実験は結果的には18年間にわたって成果を出し続けましたが、そのスタート時の抱負としては、さっさと重要な成果を出してしまっ、すぐにケリをつけるという計画でした。その「心意気」を受けて、実験がスタートしてから7年後の1995年に、CHSの次期計画の検討が始まりました。そのままの配位を継続して次の装置を考えるというよりも、更に別の観点からの閉じ込め研究を考えようという雰囲気が強かったのですが、いくつかの候補の中から、ヘリカル系の多くの配位の中でその当時非常に新しいコンセプトであった、準軸対称性に基づく実験装置の設計に取りかかることになりました。実際の装置の設計までちゃんとやるという姿勢から、民間企業からの協力も受けて、物理的な磁場配位の設計に基づく装置設計までを完了し、新しい実験計画として研究所に提出しました。

この準軸対称ヘリカル配位というのは、トカマク装置において多くの問題の原因となっているプラズマ電流を用いずに、閉じ込め性能としては現在の核融合研究における中心的な役割を担うトカマク型と同様のものを持つという、良いとこ取りとも言えるようなコンセプトです。現在磁場核融合の二つの牽引役であるヘリカルとトカマクの両者の特徴を併せ持つものとして、実験研究で挑戦可能な物理課題の自由度は非常に大きなものがあります。この設計活動に加わる中から、トラス装置による磁場核融合の多くの概念を自分のものとして学ぶことができたことも、私の研究人生において大きな収穫になっています。

いろいろと経験するという意味では、まだトカマクに関わる研究には携わる経験がなく、核融合の主流とされる分野までは踏み込んでいないのですが、全員が主流になっては学問は発展の余地がないわけで、少し言い訳がましいですが、それなりの小さな貢献はできたかと自分に言い聞かせることにします。これまでの研究人生の中で、それぞれ個性の異なる多くの同僚と一緒に研究することで、自分の考え方も変わってきたところがあります。年寄りじみて悪くなったとは思っていません。皆さんに感謝いたします。

(高密度プラズマ物理研究系 教授)