

▶ 16th International Symposium on Heavy Ion Inertial Fusion

期日：平成 18 年 7 月 8 日 —平成 18 年 7 月 16 日

出張者：総合理工学研究科 創造エネルギー専攻 博士後期課程 2 年 佐々木 徹

出張先：Palais du Grand Large, Saint-Malo, France

2005 年 7 月 9 日から 14 日かけて行われた、16th International Symposium on Heavy Ion Inertial Fusion に参加した。この会議は、重イオンビーム慣性核融合(Heavy Ion Inertial Confinement Fusion: HIF)に向けた加速器物理、加速器要素技術、ビーム—燃料標的相互作用、燃料標的のダイナミクス及び標的物理解明にむけた Warm Dense Matter(WDM)の評価について報告が主題であった。

初日は、この研究を積極的に行っているアメリカの HIF-VNL、ドイツの GSI、ロシア、日本の各グループの活動報告や他の核融合方式の近況報告があった。

アメリカの HIF-VNL は、重イオンビーム加速実験として、500MeV から 600MeV のランプ波形で立ち上がるような粒子エネルギーを持つビームを作り、2008 年を目処に Warm Dense Matter(WDM)の計測を行う予定である。この中の要素技術には、bunching や Induction 加速器を用いた大電流輸送も含まれており、HIF に向けた小規模な加速実験とそれに付随する標的物理の解明がポイントとなっているようである。

ドイツの GSI は、HEDgeHOB(High Energy Density Matter Generated by Heavy Ion Beams)という WDM の計測や宇宙物理のための Radiative Shock の計測などを行い高エネルギー密度物理全般でワーキンググループとして研究を行っている。また、GSI も同様に WDM から High Energy Density Physics(HEDP)に向けて 2009 年に始動するという報告があった。その中の一つに、ビーム-標的相互作用を知るために TOF 法による飛程評価と K 殻からの X-ray エミッションを用いてビームの価数を知ろうとする試みが興味深かった。

ロシアのグループは、パワープラントのスキームを中心に、核融合反応を起こすためにビームを回転させながら標的に照射し、アブレーション圧縮をさせるスキーム、Fusion-Fission-Fusion と言った面白いスキームや SiC を用いた炉壁への影響の見積もりを報告していた。

日本のグループは、ビーム輸送から標的の爆縮までの数値計算による解析やインダクションシンクロトロンによるビーム加速技術、スラブターゲットとレーザーを用いた加速、ビーム-標的相互作用の実験、レーザー及びパルスパワーを用いた WDM の計測結果について報告をした。

他の核融合方式の近況報告は、日本における MCF(Magnetic Confinement Fusion)、アメリカの NIF(National Ignition Facility)、フランスにおける LIL(Ligne d'Integration Laser) 用いた実験や LMJ(Laser Megajoule)に向けた活動報告があった。

日本における MCF の活動報告は JT-60 の閉じ込め性能とそれを ITER に反映させるための実験結果、および LHD における閉じ込め結果等が報告された。

アメリカの NIF の活動報告は、レーザーを用いた ICF を行うための標的構造の最適化(ホーラムや

shock の timing)、X 線による標的内の密度分布計測法や今後の展望について報告された。2009 年には 92 本のビームを用いて点火実験を行うことや、2010 年には 192 本のレーザを用い、出力 70% でどの程度の gain が得られるかの計測を行うようである。

フランスにおける LIL レーザーを用いた実験や LMJ に向けた活動報告は、高エネルギー密度物理全体を知ろうと活動しているところが興味深い。レーザーを用いた WDM や Radiative Shock、電子の加熱輸送実験についての報告があった。特に高密度プラズマ中における電子の加熱輸送実験は、理論的に知られているものよりも伝搬が遅いことがわかり、電子の熱輸送に Flux limiter が必要であることが示された。

二日目以降は、加速器物理、加速器要素技術、ビーム—燃料標的相互作用、燃料標的のダイナミクス及び標的物理詳細解明にむけた WDM の評価について、おのおの詳細な説明が行われていた。私は、その中のポスターセッションで "Warm-Dense-Matter Studies using Pulse-Power Discharge in Water" というタイトルで発表を行った(図 1)。この会議の中では、加速器を使った大型実験装置で WDM を評価しようとするアプローチが多い中で、小型パルスパワー装置を使った簡単な WDM 評価法に興味を持っていただき、議論を活発に行えた。特に、衝撃波-接触面を実験と数値計算結果の比較による状態方程式を見積るという手法や簡単なパラメータコントロールに注目が集まった。また、他の WDM の研究グループの発表では、既存の重イオンビームを用いることによって、気液 2 層領域の状態方程式をコンシステントに求めた例を示すものや、イオンビームのパルス幅を流体挙動が始まるよりも短くすることによって、等積加熱を実現し、ボリウムのある WDM 解析が期待できる、などの報告があった。加速器物理や技術ではアメリカの研究を中心に HCX におけるイオン源、インダクション加速、ビームエミッタンスを減らすために電子雲を用いた suppresser、merging と数値計算による比較、磁場や分極を含めた電子の運動に対する簡便な計算法を報告していた。HIF は大電流を扱うため Child-Langmuire limit で制限されないようにするため、初期段階のビームをコントロールするためには merging 技術が極めて重要なものとなる。それに対して、理論的な示唆と実験結果との比較は極めて興味深かった。さらに、大電流輸送を行う際に現れるであろう不安定性について線形解析を行い、輸送可能な具体的なオーダーを見積もっていた。また、ビーム輸送を行う際に、背景粒子とのインタラクションによって、フィラメンテーション instability が起こる可能性があり、実験的に検証している例も報告された。

この会議は、オーラルセッションが中心であったため、発表に対して質問をする機会が時間的制約上あまり多くはなかったが、私は数人の研究者に拙い英語ながら質問を行った。なかなか真意を汲み取ってもらうためには時間がかかってしまうこともあり、コーヒブレイク中にも質問に押し掛けることもあった。COE-INES プログラムによって、海外の第一線の研究者と直接話す機会や国際会議での雰囲気を知ることができ非常に有意義な体験をさせていただいた。

このような貴重な体験をする機会を作ってくださった、COE-INES のプログラムに感謝致します。



図1 筆者の発表の様子