



研究室紹介

工学研究科電子情報エネルギー工学専攻 核融合工学講座

飯田 敏行*

Fusion Engineering Laboratory, Department of Electronic,
Information Systems and Energy Engineering,
Graduate School of Engineering

Key Words : Fusion Neutronics, Micro Single Ion Beam Application, Ultra-short and
Highly-intense Pulse Laser, Charge Transfer Cross Section

1. はじめに

本専攻は大学院重点化改革によって平成8年に発足した。そして、現在本核融合工学講座には、筆者の他、阪部周二助教授、磯部倫郎助手のスタッフと、博士後期課程3名、博士前期課程12名の合計15名の大学院生が所属し、将来のエネルギーの源と考えられる核融合反応とその関連工学に関する基礎的研究に取り組んでいる。研究活動は2つのグループで分担し、筆者のグループでは核融合反応粒子の輸送問題と高品質イオンビーム実験装置を用いた高エネルギー粒子と物質・材料との相互作用に関する基礎研究に取り組んでいる。また、もう1つの阪部助教授のグループでは、これからのレーザー核融合研究に欠かせない超短パルス高輝度レーザー装置を開発するとともに、この装置を用いてレーザーと原子、分子、原子核やプラズマとの相互作用に関する基礎研究にも取り組んでいる。

2. 研究概要

大別すると、以下の4つの課題で研究活動を行っている。具体的な内容について順次述べていく。(1)(2)は筆者のグループが中心になって、また、(3)(4)は主に、阪部助教授のグループが取り組んでいるテーマである。

(1)核融合中性子に関する研究

核融合反応の結果生まれ、実際のエネルギーの源となる中性子の計測を中心に、その振る舞いや影響についての研究を行っている。核融合反応の進み具合(プラズマの核燃焼度)は発生する中性子の量やエネルギーから正確に診断される。筆者等のグループではこれまでに、核融合診断用装置として、レーザー核融合研究センターにおける長時間分解能中性子ストリーク管や飛行時間計測型中性子エネルギー spektrometerの開発に協力してきた。そして、これらの診断装置はレーザー爆縮核融合の機構解明に大きく貢献してきている。また、磁場閉じ込め型核融合実験装置用には、名古屋大学、核融合科学研究所と協力して反跳陽子コリメーションに新工夫を施した高エネルギー分解能中性子 spektrometerを開発している。そして間もなく始まる核融合科学研究所の大型ヘリカル装置(LHD)の実験に用いられる予定である。さらに、日本原子力研究所と協力して、 $^{12}\text{C}(n, \alpha)^9\text{Be}$ 反応を利用する新しい人工ダイヤモンド14-MeV中性子検出器の開発をも手がけている。

*Toshiyuki IIDA
1949年5月8日生
1978年大阪大学大学院工学研究科
博士課程修了
現在、大阪大学大学院工学研究科、
電子情報エネルギー工学専攻、教授、
工学博士、放射線(量子)計測、
核融合中性子工学、イオンビーム
応用
TEL 06-879-7909
FAX 06-879-7363
E-Mail iida@nucl.eng.osaka-
u.ac.jp



この検出器は高検出効率、高エネルギー分解で高温環境での使用にも耐え、核融合診断用の中性子スペクトロメーターとしては画期的なものになると思われる。これらの核融合診断技術開発の他に中性子の影響についても研究を行っている。各種材料の中性子照射損傷や複合材料である素子等の中性子誘導雑音の発生機構の解明に取り組んでいる。これまでに、原子力工学専攻所有の強力14-MeV中性子発生装置(OKTAVIAN)や日本原子力研究所の同様の装置(FNS)を利用して多くの実験と解析を行って来たが、この方面の実験データや解析及びシミュレーション計算の結果は言うまでもなく将来の核融合炉の開発に欠かせないものである。

(2) マイクロシングルイオンビーム照射装置の開発とその応用研究

エネルギー開発には高エネルギー粒子と物質・材料の相互作用に関する研究が欠かせない。原子核や原子(内殻電子)から解放されるエネルギーやその媒体である粒子をどのように捉え利用して行くのか。この基本的問題に答えるために、1ミクロンの大きさ以内に高エネルギーイオンを1個ずつ正確に打ち込めるマイクロシングルイオン照射装置を開発している(図1)。イオンのエネルギーは500eV~50keV、時間分解能は1ナノ秒である。1ミクロン以下の径の種々のイオンビームを得るために、イオン源、加速管、レンズ等の設計製作を自らの手で行っている。この装置を利用して高速イオンと物質・材料との相互作用に関する基礎実験を行い、分子

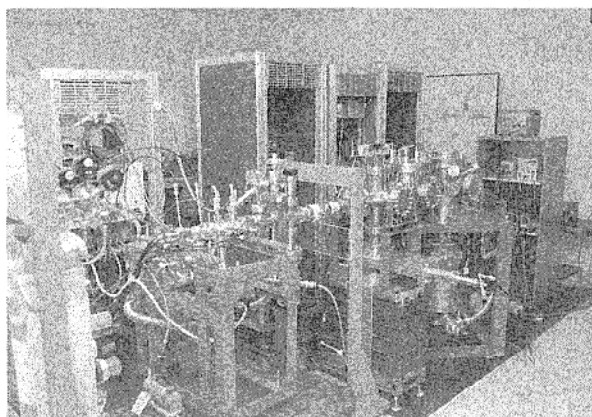


図1 筆者等の手作りによるマイクロシングルイオンビーム実験装置

動力学法に基づく荷電粒子輸送のシミュレーション計算結果と比較している。そして、物質・材料中でのエネルギーの伝わり方と起される効果についての考察を行っている。また、微細構造を有する種々の高機能材料や素子の開発や特性評価についての研究にも取り組んでいる。

(3) 超短パルス超高輝度レーザー装置の開発とその応用研究

近年の高強度レーザー装置の発展には目覚ましいものがある。特に、チタンサファイアレーザーの出現によりフェムト秒パルスレーザーが普及し、レーザーのパルス幅を非常に短くすることにより、テーブルサイズの小型装置でも大きなピークパワーのレーザー光の発生が可能となってきた。レーザー核融合研究センターにおいて、阪部助教授のグループが開発したテーブルサイズのレーザー装置(T6レーザー)では現在10テラワット以上の尖頭値出力を得、さらに2桁大きいペタワットレーザーの開発を目指している。このような高輝度レーザーの集光点での電界強度は原子内のそれよりずっと大きく、このような状態のもとでは結晶、プラズマ、原子内では特異な現象が見られるようになる。高輝度レーザーを高原子番号金属に照射し、発生MeVX線で内殻電離を起こさせる。余剰エネルギーは通常X線かオージェ電子の放出として現れるが、原子核の励起に至る過程の存在も言われている。この確率は非常に小さく、これまでの実験装置ではこの方面の研究を進めるのは全く困難であったが、T6レーザー装置の高繰り返し照射によってこのような原子核励起の観測が可能になると思われる。まだほんの一面であるが、超高輝度レーザー装置を用いて原子核物理学研究の新しい取り組み方ができるのではと考えている。

(4) 電荷移行原子衝突物理に関する研究

原子・分子衝突物理、特に電荷移行衝突に関してこれまでに多くの研究が行われてきたが、対象元素は水素、アルカリ族、希ガス族のみであった。阪部助教授のグループは、さらに遷移元素の衝突についての研究を進めるために、レーザー生成高密度イオンを用いる直行ビーム型衝突実験装置を開発した。この装置の特長は、源

がレーザー電離であることから主イオンの内部エネルギーを高精度で制御できることである。進めている希土類元素についての衝突断面積の測定結果では、従来の断面積の形とは明らかに異なるいくつかのおもしろい特徴が見いだされている。現在、これまでに求められた非遷移元素の対称型電荷移行断面積を含めてデータを編纂し、理論計算と比較考察している。その評価が進めば、断面積を求める普遍的公式が導かれ、実用的に非常に有用な電荷移行衝突断面積のデー

タベースが構築されると思われる。

3. おわりに

本講座は述べてきたように核融合反応の発生に必要な大がかりな装置は何も持っていない。地味な研究室である。しかし、核融合を将来のエネルギー源として捉えたとき、生じるであろう種々の問題やニーズに的確に対応できる大学の研究室だと自負している。

