

プラズマ研究センターの役割と将来計画、 ならびに今後の展望

長 照二

物理学系教授・プラズマ研究センター長

1. 緒言：研究の背景

かつて原油価格急騰による「石油危機」が起こり、物価全体の高騰を招き社会に大きな影響を与えたことは、印象深い方も大勢いらっしゃるのではないのでしょうか。これに対し、最近の政府見通しに沿って考えると、21世紀半ばに石油資源の採掘可能埋蔵量の限界が来ると試算されていますから、このことが社会一般で強く意識されるようになったときに、この社会はどういう影響を受け、どのように動き、また社会基盤を支える一つの重要要素であるエネルギー問題に対してどのような対策・展開を見せるだろうか。そしてその観点一つをとったとしても、21世紀の大学はどういう経済的・文化的・科学的役割を担う事になるのか。更に石油に関して言うならば、今度は値段が上がらなくてはならず、原油自体がなくなるのですから、われわれはそれにどう対処すべきか。正に21世紀の科学に

対する一つの大きな挑戦状と捉える必要があると思われます。実際、この時期は政府の刊行誌によると2042年と試算され、全世界の現在の原油埋蔵量としては、例えば富士山を逆さまにして巨大な「樹」を作るならば、その6分の1杯にしか既にすぎないことから、何とかしなければいけないと思うのは、決して科学者ばかりではないと思われます。新エネルギーといわれる太陽光発電・風力・地熱発電・バイオマス等を合わせても2010年の政府目標で全エネルギーの3%にすぎないこと等を考えあわせると、エネルギー対策は喫緊の重要事項であることは論を待ちません。

これに対して、われわれプラズマ研究センターに課された責務は、「よりクリーンな原子力」としての核融合エネルギー実用への目途に結びつく近道・ファーストトラックの国際的動向に連携しつつ、核融合研究の開発的要素と学術

的要素、或いは培った技術や知識の広範な応用・人材育成・輩出・社会貢献を行うこと。これらの要素・大学の責務・特徴を共に睨みながら、以下に具体的に述べる世界の核融合研究の心臓部にかかわる物理機構の解明と当センターの独自性を重層的に追求し、人類の更なる世紀を超えた繁栄の基盤創成への貢献に、体系的・長期的視点に立って取り組むこと。そして筑波大学の多岐にわたる将来設計・社会への貢献の中での、研究センターのこうした特長ある役割・位置づけを果たすことが、今やらねばならないことではないかと考えています。

2. これまでの研究成果・評価の纏め

当センターは、設立当初筑波大学学内共同利用センターの一つとして設置されたが、その後大きな進展を遂げ、ミラープラズマ・電位閉じ込め研究に関する世界の中心を成す研究センターに成長した。当センターでは、本学が世界に先駆けて発見し、核融合エネルギー開発の実用に必要不可欠であり核融合実用・実現の鍵を握る未解決な課題といわれる「電位形成・電位によるプラズマ閉じ込め向上のメカニズムの解明」とその一層の研究展開を研究目標の柱に掲げ、研究の推進・展開を図っている。この事は科学技

術・学術審議会の核融合研究ワーキンググループの纏めた「今後の我が国の核融合研究の在り方について」という報告書にも記されており、当センターの法人化に伴う研究展開に際し、「中期目標・中期計画」の柱と位置づけている。

プラズマの電位閉じ込め研究の必要不可欠な重要性は、①長年にわたり研究された磁場のみによるプラズマ閉じ込めに比べ、閉じ込め性能が著しく改善・向上すること。②殊に国際熱核融合実験炉(ITER)、トカマク・ヘリカル型プラズマ閉じ込めの改善(高プラズマ閉じ込めモード：Hモード)も含む、広く普遍的で顕著なプラズマ閉じ込め改善・向上方法であること。③このHモード/電位による高効率プラズマ閉じ込めの発見・これによる比例則により初めてITER装置の巨大化が避けられ、経済的最終設計が可能になったこと。以上の事実が、「核融合エネルギー実用に対する電位によるプラズマ閉じ込め研究の必要不可欠性・重要性の証左」を与えている。

しかしながら、これらHモードの物理機構は依然明確にされておらず経験則に頼る現状において、本研究目的である「電位形成・電位によるプラズマ閉じ込め向上のメカニズムの解明」は、核融合装置の実用的経済的なコンパクト化・プラ

ズマ閉じ込め方法の理解とそれによる核融合プラズマ制御のために、必要欠くべからざる研究内容であるという意義を持つばかりでなく、プラズマ特性の学術研究・応用研究という観点からも、大学のセンターの在り方として最適な学術研究内容とその意義、研究規模であると位置づけられる。

このように、当センターが世界的先駆的研究成果をあげ、また核融合発電の実用化の鍵を握る炉心プラズマの心臓部の物理機構を解明するために、「電位形成・電位によるプラズマ閉じ込め向上のメカニズムの解明」を推進・展開することを、上記の意義と位置づけに基づいた、今後の研究展開・将来構想の柱として描いている。

当センターは設置以来、タンデムミラーによる電位閉じ込め方式に基づく核融合研究を行なうため、軸対称タンデムミラー実験装置ガンマ10を建設し、真空改善・加熱系の改造・計測系の充実とともに、次の世界的成果を得ている。

プラズマ閉じ込め電位2キロボルト、電位によるプラズマ閉じ込め時間0.7秒を達成し、プラズマ閉じ込めがパスコフの比例則に基づくことを解明した。イオン温度は、核融合目標値である1.1億度の達成に成功した。

これらの成果を基盤に、定常運転を目指して、平成3～6年度に設置された中性粒子発生装置を用い、また平成7年度には高周波発振器のパルス幅を0.5秒に延長し、平成10年度の設備費と補正予算による大電流電源を用いて、放電時間0.5秒に向けた実験を行い、平成10年度にはプラズマ密度・エネルギーとも2倍増を同時達成した。この成果を基に、高電位生成定常閉じ込め・維持によるプラズマ諸元の改善を目指した現有マイクロ波発振装置のパルス幅0.075秒から0.5秒への延長の必要性により、平成11年度には先ずマイクロ波加熱用電源の改造が実施された。

今後は上記の一連の装置の整備を更に活かした研究計画とこれまでの成果・比例則を基盤として、特に長パルスマイクロ波加熱用電源改造を活用するための長パルスマイクロ波発振装置設置を図り、これらによる着実かつ飛躍的研究進展と、新規研究の展開、プラズマ物理・核融合研究の進展に対する新たな展開・ブレークスルーを目指す研究を計画している。

このように、センター創設以来今日に到るまで、研究成果の基盤となる新規装置の増設や拡張と対応する成果の蓄積を着実に果たしてきたところである。本計

画は将来の核融合実用への道筋をより具体的に示す重要な意義を持ち、世界の核融合研究に対し、独自性の著しい強力なインパクトを与えるものと期待される。

尚、これまでに、以上の成果を米国物理学会誌 *Physical Review Letters* をはじめとして、最近5年間に約200編の査読論文として刊行し、とりわけ2002年10月に開催されたIAEA（国際原子力機関）主催の斯界最大でオリンピックゲームにも擬される国際会議である「核融合エネルギーに関する国際会議」において、最終日の総括セッションの冒頭に、上記の当センターの研究成果が引用されるという大きな光栄に浴したところであり、このことは当センターの研究課題がいかにか世界的に重要なものであるかの客観的証左を与えるものである。

また、大学の責務である人材育成に関する当センターの文部科学省における評価は他大学・研究機関を圧倒し、この5年で年平均52名の学生を育成すると共に、最近の最先端で活躍する若手研究者の大多数を輩出していることは斯界では広く知られている。これは筑波大学の教育に対する取り組みの姿勢や、その具体的成果の一端として位置づけることができよう。

3. 今後の中期的研究目標とこれを実行するための研究計画

当センターの中期研究目標は、上述のように、本学が世界に先駆けて発見し、核融合エネルギー開発の実用に必要不可欠であり核融合実用・実現の鍵を握る未解決課題である「電位形成・電位によるプラズマ閉じ込め向上のメカニズムの解明」とその一層の研究展開を図ることであり、これを実現するために、以下の研究計画を展開する。即ち、以下に掲げる具体的研究の推進、目標の達成を通して、当センターのプラズマ・核融合研究に於ける独自の使命と役割を果たし、これによるセンターの教育・研究の質の向上、研究内容の更なる進展・研究の将来展望・展開への道筋を切り拓き、今後の発展への基盤を培う事を期する。

即ち、今後の中期的なセンターとして達成すべき具体的研究計画として、(1) 核融合実用化実現に必要な不可欠で未解決な研究課題である、電位閉じ込めの普遍的物理基盤・物理機構・将来の展望展開を目指す比例則の研究。(2) 複合ミラーを基盤に、高強度マイクロ波による波動電子加熱等に基づく、新パラメータ領域での電位生成・電位閉じ込め研究・展開。(3) 電位の核融合高効率化への有効性の研究・展開。(4) 新たな高効率閉じ込め

配位研究・展開。(5) 直接発電・プラズマ応用の研究等の実施。これらを、学内共同利用研究、全国双方向共同研究、学術交流協定等に基づく国際共同研究の実施とともに、推進・展開する。以上の研究を通して、電位生成のメカニズム・比例則の整理・構築・究明し、電位の核融合高効率化に果たす役割を更に明らかにして行く。

これらの世界的・先端的・普遍的研究への参加・実施・経験を通して、(6) 大学の本来の役割である、将来のプラズマ・核融合研究の人的基盤を支える人材育成・輩出の一層の充実を図る。

このようにして、本学が拓いた電位のプラズマ閉じ込めへの効果に関する、当センターの世界的な独自の特長・位置づけを今後の教育研究の展開・拡充・進展の基盤に据え、これらの研究計画に基づく、センターの教育研究の質の向上の達成を目指す。

以上、科学技術・学術審議会の答申に沿って、プラズマ研究センターの法人化に対する公式な将来設計の柱をご説明しました。筑波大学が持つ大型の科学研究実験装置・インフラを活用し、長期的科学技術進展・国策に対する本学の貢献の一端として、当センターの意義・位置づけ・役割を述べさせて戴きました。

毎年50名前後の熱意に燃え使命感すら持っているように感じられる学生たちと共にプラズマ研究センターで研究を行っている、また多くの学内外のご支援を戴いている皆さんの激励・お力添えを思うときに、その責任の重さと今後の更なる発展・展開を心に強く期するところで。最近の各大学の核融合関連施設に対する新聞の誤報道は、逆に如何に密接に、研究内容や研究計画を、この誌面のような機会を通して日々説明しなければならぬかを考えさせられる契機にもなつたと思われまふ。茲に改めて日々の皆さんのお力添えに感謝しつつ、今後の更なるご支援ご鞭撻を心よりお願いし、また今後の研究の進展をお誓いして、筆を置きたいと思ひます。

(ちようてるじ
プラズマ物理学・核融合科学)