



## 小特集 重イオン慣性核融合のためのエネルギードライバー開発の進展

### 6. おわりに

堀岡一彦  
東京工業大学

(原稿受付：2013年1月18日)

慣性核融合の研究開発状況はここ10年で大きく変化しつつある。MJ級のレーザー施設が米国とフランスで建設され、点火実証に向けた研究が開始された。重イオン慣性核融合は、米国、欧州、そして日本の研究グループで30年以上に亘って粘り強く研究が進められているが[1]、前回本誌で小特集が組まれた以降も状況は変化しつつある。ドイツの重イオン科学研究所 (GSI) では、重イオンビーム駆動の高エネルギー密度科学の実験が進められる一方、円筒標的の爆縮実験が可能なレベルに向けて設備増強が計画されている。米国ローレンスバークレー研究所 (LBL) では既設の誘導加速器を増強してWDM標的実験を進めながら重イオン慣性核融合ドライバーの再評価と重要課題の抽出作業をはじめた。

一方、この10年間で我々を取り巻く状況も大きく変化した。リーマン・ショックがあり、経済規模について我が国の相対的な位置の低下があり、そして東日本大震災と福島事故があった。地震、津波、原子力発電所の事故と続いた我が国での一連の出来事は、環境やエネルギーにとどまらず社会やこれまでの技術文明の概念を再構築することを要求しているようにも見える。3.11の震災は地球規模の経済や環境の問題について、エネルギー資源について、さらには技術文明の在り方を再検討する契機となったが、核融合は少なくとも即戦力のエネルギー源とはみなされていない。風力、水力、太陽光、太陽熱、潮汐力、地熱、こういった広くて密度の薄いエネルギーの上に近代文明は築けるのか、戦略と展望は見えてこない。限られた資源、増加し続ける人口、予想される大きな気候変動の前で、1000年先の我々の未来は全く混沌としている。歴史を1000年遡ることはたやすいが、わずか100年先の世界を我々は展望できない。認識するだけの科学ではなくて設計の科学が、今ほど要求されている時代はない。

そのような状況の中で重イオン慣性核融合の位置づけはどこにあるのか。長期的にエネルギーを供給できる重イオン核融合システムを再構築できれば、社会に展望をもたらすことができる。重イオン慣性核融合の研究開発は加速されるべきなのか。この小特集の執筆メンバーを中心に議論を進めてきた。

日本では大学の小規模な研究グループが中心ではある

が、イオン源から標的爆縮の物理まで重イオン慣性核融合の研究を幅広い領域で進めている。この10年をみても「レーザーアブレーション型イオン源の提案」、「新しい誘導加速器の提案と原理実証実験の成功」、「均一標的照射のための Wobbling ビーム駆動爆縮の提案」、さらには「最終段加速部のバンチングに伴うビーム物理の研究」など、日本発の提案や研究実績が積み上がっている。この小特集では、日本の研究グループの研究成果を中心にそのような取り組みと今後の課題についてまとめた。なお、2008年には東京工業大学がホストとなって重イオン慣性核融合会議が開催された。この小特集では、日本の研究グループの研究成果を中心にそのような取り組みと今後の課題についてまとめ、重イオン慣性核融合システムの全体像と課題をより鮮明にすることをめざした。

レーザーによる点火実証、さらには重イオン駆動の慣性核融合点火が実証されたとしても、核融合エネルギーのシステムとして成立するためには技術的なブレークスルーが必要である。100TW級のビームパワーを生成可能な重イオン加速器のシステムは巨大で高価であり、解決すべき課題が数多く残っている。この小特集の作業を通じて重イオン慣性核融合の全体像がかならずしも鮮明になったわけではないが、ここ10年の研究努力の成果とこれからめざすべき道筋が見えてきたように思える。

重イオン慣性核融合は点火条件を達成後の有望なスキームであるが、標的設計と加速器システムの条件が複雑に関係するために統一的な評価が確立していない。幸いにもこの小特集の執筆者をはじめとする研究参加者には、加速器のシステムから燃料標的の物理までカバーできる幅広い人材が揃っており、インジェクター部の基本的な性能から燃料標的の物理や利得の見積もりまで、一貫して評価できる。そのようなグループは米国や欧州にも存在しないと自負している。長期的な展望を持てるエネルギー源として、重イオン慣性核融合システムを再評価するとともに、研究成果と日本からの情報発信をさらに積上げることをめざしている。

高エネルギー密度科学やWDMの物理の探求や医療・産業应用をはじめ高エネルギー物理学や原子核物理学以外の加速器の応用が活発化している。重イオンドライバーの要

素技術や課題は粒子加速器の高出力化に共通であり、関連する研究活動によって高出力イオンビームを用いた高エネルギー密度状態の科学、惑星科学、材料物理などの分野で新たな領域を開拓できる可能性がある。また、10年前に出版された小特集[1]の結びと重複するが、空間電荷に支配されたビームのダイナミクスはそれ自身が物理的、工学的な探求に値する魅力的な研究分野である[2]。加速器の大電流化への努力は重イオン慣性核融合にとどまらず多くの

分野で実を結ぶに違いないと考えられる。

#### 参考文献

- [1] 小特集「重イオン慣性核融合の新しい展開」, 小川雅生 他: プラズマ・核融合学会誌 77, 15 (2001).
- [2] 小特集「大強度荷電粒子ビームの物理と応用」, 川崎温 他: プラズマ・核融合学会誌 75, 1245 (1999).