

25Aa01

他の核融合炉システムとの比較による
重イオン慣性核融合炉システムの特徴と共通点の検討

Study on unique and common points for reactor design of heavy-ion inertial fusion in comparison to other nuclear fusion system

菊池 崇志¹, 内田 雄大², 中村 誠³, 梶村 好宏⁴, 堀岡 一彦⁵
Takashi KIKUCHI¹, Yuki UCHIDA², Makoto NAKAMURA³,
Yoshihiro KAJIMURA⁴, Kazuhiko HORIOKA⁵

¹長岡技術科学大学, ²長岡工業高等専門学校, ³釧路工業高等専門学校,
⁴明石工業高等専門学校, ⁵東京工業大学

¹Nagaoka University of Technology, ²NIT, Nagaoka College, ³NIT, Kushiro College,
⁴NIT, Akashi College, ⁵Tokyo Institute of Technology

重イオン慣性核融合は、大強度の重イオンビームをエネルギードライバーとして用いる慣性閉じ込め核融合方式である。このため、その炉システムはレーザー核融合炉と多くの共通点・共通課題を持つ。また、慣性核融合によるエネルギー出力は極短時間に行われるため、炉壁への瞬間的な高負荷が特徴となるが、磁場閉じ込め核融合でのELMやディスラプション時の炉壁への高負荷とも共通のパラメータとなり得る。本研究では、レーザー核融合炉[1]や磁場閉じ込め核融合炉[2]との比較により、重イオン慣性核融合の炉システムについて共通課題や固有の問題を検討する。

2019年4月より開始されたプラズマ・核融合学会の専門委員会「新たな日本版イオンビーム慣性閉じ込め核融合システム的设计」の中で、WG2として炉システムについての調査・検討を行ってきている。重イオン慣性核融合はレーザー核融合と共通の話題が多いため、IFEフォーラムの支援を受けて設立されたレーザー核融合戦略会議で検討された項目[1]が当てはまる部分も多く活用できる。このため、本活動で炉システムとして扱う範囲は以下の通りである。

- 第一壁
- 増殖ブランケット
- 燃料回収系
- 真空容器
- 排気系
- 液体増殖材ループ
- 中間熱交換器
- 燃料系（燃料標的製造、標的入射系）
- 最終光学系（ビームポート保護、ビーム伝搬）
- 発電設備
- 工学安全装備
- 保守交換系
- バックエンド系

第一壁については、磁場閉じ込め核融合炉では固体壁が主流であり[2]、慣性核融合においては固体壁での炉設計もあるが、液体金属による炉設計が主流と言える[1]。これについては、重イオン慣性核融合でも同様である。

いくつか重イオン慣性核融合炉に固有の課題を挙げると、炉内で重イオンビームを伝搬するため、レーザー核融合炉よりも高い真空度が要求される点がある[3]。このため、炉内でのビーム不安定性や質の劣化に注意する必要がある上、真空排気系にはより炉内圧力を低く維持する能力が要求される。燃料系としては、燃料標的製造も標的入射系についてもレーザー核融合と基本的な考え方は同様であるが、重イオン慣性核融合に特有の燃料標的構造や材質となるため、まったく同一というわけにはいかない。

工学安全装備として、重イオン慣性核融合では大強度の重イオンビームを生成するために重イオン加速器が必要であり、その広い敷地がデメリットと言われている[4]。炉の放射化や燃料系の放射能については、重イオン慣性核融合に限らず核融合発電システムで共通の課題となるが、その線量・放射能は低いことが予想されるとはいえ、広い領域に敷設されることになる重イオン加速器の放射化が特徴的な懸念事項となる[5]。一方で、他の方式の核融合発電システムだけでなく、既存の他の発電所においても純粋な発電部だけで敷地面積が決まるわけではないため[6]、包括的な検討が必要と言える。

参考文献

- [1] 森芳孝, 他: J. Plasma Fusion Res. 97 (2021) 352.
[2] 日渡良爾, 他: J. Plasma Fusion Res. 94 (2018) 535.
[3] R.W. Moir, *et al.*, Fusion Tech. 25 (1994) 5.
[4] 島津康男: 日本物理学会誌 40 (1985) 972.
[5] S. Fujita, *et al.*, Plasma Fusion Res. 16 (2021) 2404022.
[6] A. Inoue, *et al.*, NIFS-PROC-107 (2017) 84.