

7P05 重イオン慣性核融合における重イオンビームのパルス波形が爆縮過程に与える影響の検討

Study on the effect of pulse waveform of heavy ion beam on the implosion process in heavy-ion inertial fusion

渡邊直人, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志

Naoto WATANABE, Kazumasa TAKAHASHI, Toru SASAKI, Takashi KIKUCHI

長岡技術科学大学

Nagaoka University of Technology

慣性核融合のエネルギードライバー候補の一つである重イオンビームは、燃料標的に対するエネルギー付与の分布やビームパルス波形の制御が可能であることから、燃料標的構造を比較的自由に設計することが出来る利点を持つ^[1]。そのため、堅牢な爆縮を実現するために発泡金属層などを挿入した多層構造をもつ燃料標的が検討されてきた^[2]。この燃料標的は、直接照射方式でありながら輻射によって燃料の駆動を行うため、高効率かつ入力エネルギーの空間的影響の緩和が期待される。エネルギードライバーに要求される仕様は、燃料標的から遡って決定されるため、燃料標的設計による入力エネルギーの制約緩和は、重イオンビームを供給するイオン源及び加速器への技術的な緩和に繋がり、核融合炉全体の開発リスクおよびコストの低減が見込まれる。

そこで本研究では、発泡金属層を挿入した多層構造燃料標的の爆縮過程における重イオンビームのパルス波形の影響について調査した。

本研究で用いたシミュレーションコードは爆縮計算コードである MEDUSA^[3]などを参考に開発し、物理モデルにプラズマのイオン、電子、輻射の3温度、空間1次元の1流体モデルを用いている^[4]。

計算に使用した多層構造燃料標的はタンパー層、アブレータ層、発泡金属層、プッシャー層、燃料層で構成され、発泡金属層の密度は固体密度の1%とした。ビームパルス波形はFigure 1に示す通り、フットパルス、ランピング、メインパルスで構成される。

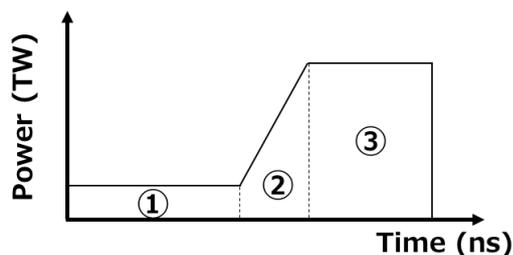


Figure 1 ビームパルス波形

本研究では、爆縮過程におけるビームパルス波形の影響を検討するため、フットパルス+ランピング+メインパルスとメインパルスだけの2つの条件で計算を行った。各パルスの出力はフットパルスを6TW、メインパルスを320TWとし、総エネルギーを7.94MJとすることでメインパルスのパルス幅を決定している。

多層構造燃料標的の爆縮過程において、フットパルス及びランピングを含んだビーム照射に比べ、メインパルスだけのビーム照射による計算結果では、最高燃料圧縮率、最高イオン温度、最高面密度の爆縮において最も重要となるパラメータの増加が見られた。また、発泡金属層を用いない燃料標的と比較した結果においても、ビームパルス波形に関わらず、最高イオン温度及び最高面密度の増加が見られた。これらのことより、多層構造燃料標的は、パルス波形による影響を抑え、よりシンプルなビームパルス波形で、堅牢かつ高効率な爆縮を行うことが出来ることが明らかとなった。これは、タンパー層及びアブレータ層にエネルギーを付与することで燃料標的を加熱し、発生した輻射によって爆縮を駆動する多層構造燃料標的の特徴に起因するものと考えられる。

講演では計算結果の詳細について報告する。

文 献

- [1] S. Kawata, T. Karino, and A.I. Ogoyski, "Review of heavy-ion inertial fusion physics", Matter and Radiation at Extremes 1, pp.89-113 (2016).
- [2] T. Someya, K. Miyazawa, T. Kikuchi, and S. Kawata, "Direct-indirect mixture implosion in heavy ion fusion", Laser and Particle Beams, 24, pp.359-369 (2006).
- [3] J. P. Christiansen, D. E. T. F. Ashby and K. V. Roberts, "MEDUSA a one-dimensional laser fusion code", Computer Physics Communications 7, 271 (1974).
- [4] N. Watanabe, K. Takahashi, T. Sasaki, and T. Kikuchi, "Effects of Radial Thermal Conduction and Radiation Transport During Fuel Pellet Implosion in Heavy-Ion Inertial Fusion", Plasma and Fusion Research. 17, 2404086 (2022)