

高速点火方式核融合炉 CANDY の炉心利得設計

High gain design of fusion reactor CANDY in fast ignition scheme

北川米喜¹, 森芳孝¹, 西村靖彦^{1,4}, 花山良平¹, 石井勝弘¹, 関根尊史², 栗田隆史², 佐藤伸弘², 川嶋利幸², 菅博文², 西哲平³, 日置辰視⁵, 東博純⁶, 元廣友美⁵, 砂原淳⁷, 千徳靖彦⁸, 三浦永祐⁹

Y. KITAGAWA¹, Y. MORI¹, Y. NISHIMURA^{1,4}, K. ISHII¹, R. HANAYAMA¹, T. SEKINE², T. KURITA², N. SATO², T. KAWASHIMA², H. KAN², T. NISHI³, T. HIOKI⁵, H. AZUMA⁶, T. MOTOHIRO⁵, A. SUNAHARA⁷, Y. SENTOKU⁸, E. MIURA⁹

光産業創成大学院大学¹, 浜松ホトニクス², 豊田中研³, トヨタテクニカルディベロプメント⁴, 名大 GREMO⁵, 愛知 SR センター⁶, レーザー総研⁷, ネバダ大リノ理⁸, 産総研⁹

GPI¹, Hamamatsu Photonics K.K.², TOYOTA Central R&D Inc.³, TOYOTA Technical Development Corp.⁴, GREMO, Nagoya Univ.⁵, Aichi SR Center⁶, ILT⁷, Dept. of Phys. Univ. of Nevada, Reno⁸, AIST⁹

高速点火方式による小型核融合炉 CANDY の開発をすすめている。その基本構想として対向爆縮及びそれと同軸での高速点火を用いる。超高強度レーザーで駆動される高速電子、高速イオン、及び衝撃波を用いて爆縮コアを核燃焼に必要な温度に高速加熱することを目指して、実験及び 2 次元数値計算を遂行している。

阪大との LFEX レーザー共同研究によりあらかじめ爆縮形成したコアプラズマに世界最高級の超高強度レーザー LFEX を直接照射するとその駆動する高速イオンが直接コアを加熱することを検証した [Fig.1]。1 次元流体コード 1D STAR と 2 次元流体粒子 (PIC) コードを統合した数値理論予測と一致した [2]。2 次元流体コードの開発を進めている。高速イオンがコアプラズマと直接衝突することによって核融合反応が起こり、高速点火方式として、世界最高数の中性子発生量 8 億個を検出した。LFEX で同時に駆動された高速電子により元々 0.8 keV の温度を持つコアプラズマ全体を 1.0 keV まで加熱し、高速イオンで周辺部を 1.8 keV まで加熱した。

高速電子は足が長いので全体を加熱するが、局所的に温度を上げるのには効率がわるい。一方高速イオンは、高密度のプラズマ中では足が短く局所的に集中してその部分だけを効率良く加熱できるという特徴を持つということは予想はされていたが、今回、高速イオンの加熱効果が実証された。Fig. 2 は CANDY 炉のイメージ図、Fig. 3 はその簡単な設計値である。2 次元流体コードの計算結果についても報告する。

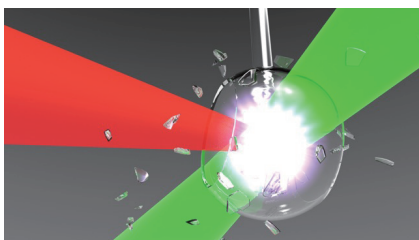


Fig. 1: GXII 2 ビームで対向爆縮し形成した重水素化ポリエチレン球殻のコアに球殻の側面に開けた穴から LFEX を入射 [1].

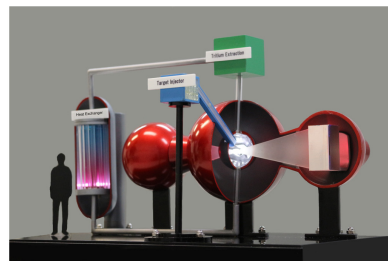


Fig. 2: キャンディ炉のイメージ

Implosion laser
Energy: 2 kJ/shot
Wavelength : 500 nm
Repetition rate : 10 Hz

Fast Heat laser
Duration: 200 fs or 10 ps
Energy: 2 kJ/shot
Wavelength: 1000 nm

Energy Gain [Power]
D-T : 0.007 [190W]
D-D: 1.5×10^{-5} [0.3W]

Neutron Yield
D-T : 5×10^{12} /shot
D-D: 5×10^{10} /shot

Fig. 3: キャンディ炉の概念設計値

本研究に協力頂いたトヨタ自動車先端材料技術部関係各位に謝辞を呈する。

[1] Y. Kitagawa *et al.*, Phys. Rev. Lett. **114**, 195002 (2015).

[2] A. Sunahara *et al.*, Laser and Particle Beams **30**, 95 (2012).