

対向照射直接高速点火方式におけるプラズマ加熱のメカニズム
**Plasma heating physics for counter irradiating direct fast heating
 scheme**

森芳孝¹, 西村靖彦^{1,2}, 花山良平¹, 石井勝弘¹, 北川 米喜¹, 関根尊史³, 栗田隆史³, 佐藤伸弘³, 川嶋利幸³, 菅博文³, 西哲平⁴, 日置辰視⁵, 元廣友美⁵, 東博純⁶, 砂原淳⁷, 千徳靖彦⁸, 三浦永祐⁹
 MORI Yoshitaka¹, NISHIMURA Yasuhiko^{1,2}, HANAYAMA Ryohei¹, ISHII Katsuhiko¹,
 KITAGAWA Yoneyoshi¹, SEKINE Takashi³, KURITA Takashi³, SATOH Nakahiro³,
 KAWASHIMA Toshiyuki³, KAN Hirofumi³, NISHI Teppei⁴, HIOKI Tatsumi⁵, MOTOHIRO
 Tomoyoshi⁵, AZUMA hirozumi⁶, SUNAHARA Atsushi⁷, SENTOKU Yasuhiko⁸, MIURA Eisuke⁹

光産業創成大学院大学¹, トヨタテクニカルディベロップメント株式会社², 浜松ホトニクス株式会社³, 豊田中央研究所⁴, 名古屋大学⁵, あいちSRセンター⁶, レーザー総研⁷, ネバダ大リノ校⁸, 産総研⁹

GPI¹, TTDC², 3Hamamatsu K. K.³, TOYOTA Central Research and Development Lab. Inc.⁴
 Nagoya Univ.⁵ Aichi SR⁶, ILT⁷, Nevada Univ., Reno⁸, AIST⁹

対向照射配位で、ナノ秒ないしピコ秒レーザーで核融合燃料を爆縮し、フェムト秒レーザーで爆縮燃料を追加加熱する直接照射方式の高速点火研究をすすめている。これまでの実験結果より、直径 500 μm 、厚み 7 μm の CD シェルを圧縮し、この圧縮コアをフェムト秒の加熱レーザーで追加加熱できることを示した [1]。その加熱効果を検証し、直接照射方式における燃焼プラズマ形成を見通すために、加熱レーザーを爆縮コアへ照射する際に発生する高速粒子 (高速電子および高速イオン) によるプラズマ加熱モデルを構築中である。高速粒子は、まず爆縮プラズマ中のバルク電子へそのエネルギーを付与し、熱緩和を通じてバルクイオンへそのエネルギーが伝達される。熱緩和の過程で、制動輻射による損失を考慮した。バルクイオンの温度が上昇すると、核燃焼によるアルファ粒子が発生し、バルクプラズマを加熱する。バルク電子へのエネルギー付与は、2 流体フォッカープラック方程式から Glinsky が導出した高速電子による加熱モデル [2, 3] に、高速イオンおよび核融合反応イオンによる加熱効果を含めた [4]。

$$\frac{3}{2}n_e \frac{\partial T_e}{\partial t} = \eta j_{rc}^2 + \frac{3}{2} \frac{n_h T_h}{\tau_{ch}} + \sum_i n_{bi} v_{bi} \frac{dE_{bi}}{dx} + n_{fi} v_{fi} \frac{dE_{fi}}{dx} \quad (1)$$

式 (1) において、 n_e および T_e はバルクの電子密度および電子温度、 η はスピッツァー抵抗率、 j_{rc} は高速電子により励起されるバルク中の帰還電流、 n_h および T_h は高速電子の密度および温度、 τ_{ch} は高速電子とバルク電子の衝突時間、 n_{bi} 、 v_{bi} 、 dE_{bi}/dx はそれぞれ高速イオンの密度、速度、飛程、 n_{fi} 、 v_{fi} 、 dE_{fi}/dx は核融合反応発生イオンの密度、速度、飛程である。どの加熱項が寄与するかは、バルクプラズマの密度および温度パラメータに依存している。バルクプラズマの密度が固体密度程度で、温度が 1 keV 以下では、高速電子による抵抗加熱が主となる。一方、バルクプラズマの密度が 100g/cc で、温度が 5 keV を超える燃焼プラズマを達成するためには、高速イオンによる加熱が効果的であった。詳細は講演にて発表する。

[1] Y. Mori et al., Proc. Plasma Conference 2014, 21aD1-3 (2014).

[2] M. E. Glinsky, Phys. Plasmas **2**, 2796 (1995).

[3] A. J. Kemp, Y. Sentoku et al., Phys. Rev. Lett. **97**, 235001 (2006).

[4] J. Wesson, 伊藤早苗、八木雅敏訳: “トカマク概論”, 九州大学出版会 (2003).