

藤井常幸、関正美、森山伸一、寺門正之、篠崎信一、下野貢、長谷川浩一、平内慎一、安納勝人、横倉賢治
原研・那珂研

T. Fujii, M. Seki, S. Moriyama, M. Terakado, S. Shinozaki, M. Shimono, K. Hasegawa, S. Hiranai, K. Annoh, K. Yokokura
Japan Atomic Energy Research Institute, Naka Fusion Research Establishment

JT-60Uでは、高 β プラズマの長時間維持や複合フィードバック制御を目指した最大65秒間の放電実験を行っており、高周波加熱装置による長パルス入射がその目標達成のひとつの鍵となっている。高周波加熱装置のうち電子サイクロトロン加熱 (ECH) 装置では、心臓部の大電力発振器であるジャイロトロンのパルス幅を5秒から30秒に伸長する技術を開発している。また、低域混成波加熱 (LH) 装置では、過大な熱入力によるアンテナ先端部の損傷を解決するため、先端部に高耐熱性のカーボン材製グリルを接続する改造を行った。

ECH装置の出力パルス幅はジャイロトロンの発振性能で決まっている。ジャイロトロンのコレクタ電流は、図1に示すようにパルス幅とともに減少し、ある値で発振条件が維持されなくなり、ジャイロトロンの出力パワーは零となる。コレクタ電流の減少は、カソードから熱電子が放出される時にカソードが冷却され、熱電子放出量が減少するために生じる。これはカソード冷却として知られている。この解決方法として、従来からのヒータ電力制御とは別に、アノード電圧制御を開発している。ヒータ電力制御はカソード温度の低下を補償しようとするもので、時間応答が遅い。一方、アノード電圧制御はコレクタ電流を形成する電子ビームの速度分布を僅かに変更し発振を維持するもので、時間応答が速い。図1に示すようにアノード電圧を約1%の400V変更することでパルス幅の伸長に成功した。一方、LH装置の改造したアンテナは、エージングと呼ぶプラズマへ入射するパワーあるいはエネルギーを徐々に上昇させる過程にある。現在まで、最大入射パワーは1.6MWで、改造前の約70%、最大入射エネルギーは10MJで、改造前と同程度まで達成している。またプラズマ電流駆動効率もほぼ改造前と同程度であることを確認した。今後、さらにパワー及びパルス幅の伸長を図る。

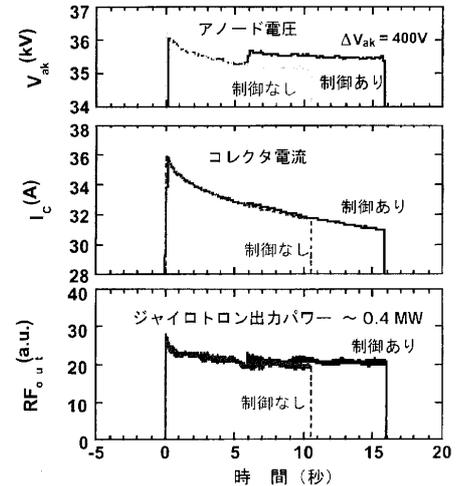


図1 アノード電圧制御によるパルス幅の伸長

Experimental plan by using High harmonic fast wave heating for TST-2 spherical tokamak

笠原 寛史, 大迫 琢也, 高瀬 雄一, 石井 菜穂¹, 半込 雅裕¹, 江尻 晶, 鎌田 悠介, 佐々木 真¹,
高木 康伸¹, 田口 勇, 東條 寛, 山岸 健一, 山田 琢磨¹

東大新領域, 東大理¹

H.Kasahara, T.Osako, Y.Takase, N.Ishii¹, M.Ushigome¹, A.Ejiri, Y.Kamada, M.Sasaki¹,
Y.Takagi¹, I.Taguchi, H.Tojo, K.Yamagishi, T.Yamada¹

School of Frontier Sciences, Univ. Tokyo, ¹School of Science, Univ. Tokyo

高次高調速波(HHFW)とはイオンサイクロトロン周波数の高次の速波である。高誘電率プラズマ中でも高い伝播特性を示し、電子ランダウ減衰(ELD)や走行磁気時間ポンピング(TTMP)によって電子加熱を行い、進行波を励起することにより電流駆動が期待できる。

本郷キャンパスでの初期波動加熱実験では入射パワー200kWに成功したが、明確なプラズマ加熱の証拠は現在まだ確認されていない。原因としては、電子密度に比例してELDによる吸収は強くなるが線積分電子密度 $n_e l < 3.0 \times 10^{18} \text{ m}^{-2}$ でしか実験できなかったこと ($n_e l > 3.0 \times 10^{18} \text{ m}^{-2}$ では HHFW 入射直後にプラズマが崩壊)、加熱対象とした電子温度 ($T_e \sim 100 \text{ eV}$) に対し、プラズマの電子温度が全く異なっていたことなどが考えられる。HHFW加熱によるプラズマへの影響を調べるために、高温・高密度プラズマを維持しELDによる加熱効率を高めることが必要である。そのため、2004年度に本郷キャンパスから柏キャンパスへ移転を契機に、現在プラズマのパフォーマンス向上を目指し電源系の改造準備を進めている。(24aA11P, A.Ejiri, et.al.)

プラズマのパフォーマンス向上に合わせ、HHFW波動加熱システムの見直しも行っている。先の実験では200kWを各ストラップに分配させる方式であったが、各ストラップとプラズマの整合を独立に取れるように整合器を変更し、各ストラップの出力が200kWとなるように高周波電源を増強する準備を進めている(Fig.1, 合計200kW→400kW)。ELDによる加熱効果を調べるために、ストラップ間距離を調整することで k_{\parallel} を調整する準備も行っている。今回の講演では波動加熱システムの変更点の紹介やfull wave codeであるTASK/WMによるシミュレーション結果をもとに、この加熱シナリオの検討結果を報告する。

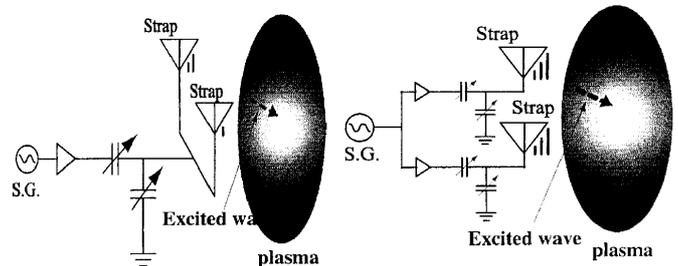


Fig1. 高周波波動加熱システムの変更点 (左: 改良前、右: 改良後)