

ヘリオトロンJにおける自発的閉じ込め遷移現象 Spontaneous improvement of plasma confinement state in Heliotron J

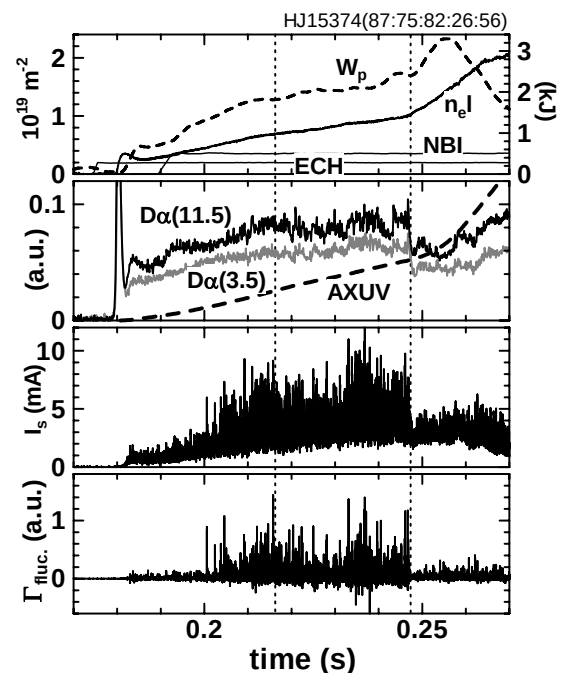
水内亨、佐野史道、近藤克己¹⁾、長崎百伸、岡田浩之、小林進二、山本聡、鳥居祐樹、設楽弘之^{1)*}、川染勇人^{1)*}、金子昌司¹⁾、有本元¹⁾、東貴久¹⁾、荒川純¹⁾、大橋佳祐¹⁾、菊竹正晃¹⁾、嶋崎伸秀¹⁾、濱上崇史¹⁾、本島巖¹⁾、山崎久路¹⁾、山田雅毅¹⁾、北川博基¹⁾、辻貴之¹⁾、中村英紀¹⁾、渡邊真也¹⁾、井尻芳行、千住徹、矢口啓二、東使潔、坂本欣三、芝野匡志、花谷清、中村祐司¹⁾、鈴木康浩¹⁾、西野信博²⁾
京大エネルギー理工研、京大院エネルギー科学、広大院工

MIZUUCHI Tohru, SANO Fumimichi, KONDO Katsumi¹⁾, NAGASAKI Kazunobu, OKADA Hiroyuki, KOBAYASHI Shinji, YAMAMOTO Satoshi, TORII Yuki, SHIDARA Hiroyuki^{1)*}, KAWAZOME Hayato^{1)*}, KANEKO Masashi¹⁾, ARIMOTO Hajime¹⁾, ARAKAWA Jun¹⁾, AZUMA Takahisa¹⁾, HAMAGAMI Takashi¹⁾, KIKUTAKE Masateru¹⁾, MOTOJIMA Gen¹⁾, OHASHI Keisuke¹⁾, SHIMAZAKI Nobuhide¹⁾, YAMADA Masaki¹⁾, YAMAZAKI Hisamichi¹⁾, KITAGAWA Hiroki¹⁾, NAKAMURA Hidenori¹⁾, TSUJI Takayuki¹⁾, WATANABE Shinya¹⁾, IJIRI Yoshiyuki, SENJU Toru, YAGUCHI Keiji, TOSHI Kiyoshi, SAKAMOTO Kinzo, SHIBANO Masashi, HANATANI Kiyoshi, NAKAMURA Yuji¹⁾, SUZUKI Yasuhiro¹⁾, NISHINO Nobuhiro²⁾
IAE, Kyoto Univ., GSES, Kyoto Univ.¹⁾, GSE, Hiroshima Univ.²⁾

はじめに：ヘリカル軸ヘリオトロン配位を持つヘリオトロンJにおいて、ECH プラズマ (70 GHz、0.4 MW、第二高調波加熱) で自発的閉じ込め遷移現象が観測されることは、前回報告した。その後、NBI 単独プラズマ (接線入射 1 ビームライン、 $P_{inj} < 0.7$ MW/30 keV)、あるいは、両者を重畳した ECH+NBI プラズマにおいても、同様の自発的遷移現象が観測されている。昨年度までの実験で、ECH プラズマを中心に、2つの周辺 $\iota/2\pi$ 窓 (0.54 – 0.56 : 磁気リミター配位、および 0.62 – 0.63 : 壁リミター配位) で H モード遷移発現が確認できた。さらに、ECH+NBI 放電では、この $\iota(a)/2\pi$ 窓を越えた領域でも、同様な遷移の兆候も観測されていた。これを受け、本年度の実験では、 $\iota(a)/2\pi$ を広い範囲で変え、自発的閉じ込め遷移発現の有無を調査した。

実験： $\iota(a)/2\pi$ を変化させるに際し、①ECH 入射トロイダル位置での磁気軸位置並びにそこでの磁場強度をほぼ一定に保持、②TFC-A、TFC-B の作る磁場強度比を一定に保持、③プラズマ断面実効面積を大きく変化させない、の三条件の下で、ヘリオトロンJ 各コイル電流を調整した。各 $\iota(a)/2\pi$ で、ECH+NBI プラズマの密度を上げていくことにより、遷移発現の有無を調査した。幾つかの $\iota(a)/2\pi$ では、ECH 単独、NBI 単独プラズマも調査し、さらに異なる加熱入力での調査も行った。図は、 $\iota(a)/2\pi = 0.5403$ (KMAG による真空磁場計算の値) における ECH+NBI 放電の時間発展を示す。異なるトロイダル位置で観測した $D\alpha$ 光 ($D\alpha(11.5)$ 、 $D\alpha(3.5)$) は同時刻 0.248 s において急峻な減少を見せ、同時にプラズマ蓄積エネルギー W_p 、線密度 $n_e l$ の急激な上昇が始まっている。この前後で、ガスパフ量は一定である。一方、SOL 領域におかれた静電プローブで観測されるイオン飽和電流の値は減少しているが、特に、バーストを伴う揺動レベルの低下が顕著である。図最下段は、同一トロイダル断面の SOL 中に近接して設置した3本の静電プローブを用いて観測したイオン飽和電流、浮動電位の揺動成分から $\Gamma_{fluc} \propto \tilde{I}_s \times (\tilde{V}_f^1 - \tilde{V}_f^2)$ として直接評価したプラズマ揺動による径方向粒子束 Γ_{fluc} であるが、 ~ 0.248 s 以降、その値は低くなっており、揺動レベルの低下とともに、揺動による粒子損失も減少していることが示唆される。 $D\alpha$ 光信号を詳細に見ると、 $t \sim 0.218$ s 以降、小規模な増減が繰り返し観測されており、またこれに概ね同期して I_s の揺動(バーストも含む)が減少していることが見て取れる。このことから、 $0.218 \leq t \leq 0.248$ では、L-H-L 遷移が短時間で繰り返し生じているものと思われる。

まとめ： $0.493 \leq \iota(a)/2\pi \leq 0.65$ 内の調査したすべての配位において、密度がある閾値を越えて高くなると、 $D\alpha$ 光の減少、 $n_e l$ や W_p の増加率の変化など、何らかの閉じ込め状態の自発的遷移を示唆する現象が観測された。但し、これらの変化の状況は、配位によって必ずしも同じではない。例えば、上述の例のような明確かつ急峻な $D\alpha$ 光の減少と W_p や $n_e l$ の明確な上昇がある場合、 $D\alpha$ 光の時間変化が比較的緩やかな減少である場合、 W_p の変化が明確でない場合などが存在しており、詳細な解析を進めている。



* 現在の所属：ローザンヌ連邦工科大学

* 現在の所属：日本原子力研究所関西研究所