

# トロイダル閉じ込め装置における SOL・ダイバータ電流を利用した新たな周辺プラズマ制御法

## A New Method for Edge Plasma Control by Using SOL/Divertor Currents in Toroidal Confinement Devices

東井和夫<sup>1</sup>、図子秀樹<sup>2</sup>、山本 聡<sup>3</sup>  
 K. Toi<sup>1</sup>, H. Zushi<sup>2</sup>, S. Yamamoto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>核融合研、<sup>2</sup>九大応用力学研、<sup>3</sup>京大エネ研  
<sup>1</sup> NIFS, <sup>2</sup>RIAM, Kyusyu Univ., <sup>3</sup>IAE, Kyoto Univ.

ITER プラズマでは、周辺局在化モード(ELM)によるダイバータへの熱負荷が大きな問題となっている。このため多くのトカマクにおいて、真空容器内外に設置した摂動磁場コイルを用いて最外殻磁気面(LCFS)のすぐ内側の閉じ込め磁場に対し、共鳴あるいは非共鳴磁場摂動を印加することにより ELM 制御が試みられ、その有効性が確認され、ITER での有効性も期待されている。ただ、このような制御用摂動磁場コイルを ITER の真空容器内に設置し運転することは装置工学上および高温プラズマの長時間維持の観点から好ましくない。

本提案は、LCFS のすぐ外側のスクレイプオフ層(SOL)に磁力線に沿ってダイバータ板まで電流(SOL・ダイバータ電流)を誘起することにより従来の摂動磁場コイルを用いることなく、共鳴摂動磁場を発生しようとする新たな手法である。プラズマ自身により誘起された SOL・ダイバータ電流は多くのダイバータトカマクでも観測されている[1]。これは SOL の磁力線の両端のダイバータ板前面の温度差による熱電効果により誘起され、電流密度はダイバータ板でのイオン飽和電流程度であり、プラズマ条件によるが 10 kA/m<sup>2</sup>程度が観測されている。本提案では、この SOL・ダイバータ電流をダイバータ板と真空容器間にバイアス電圧を印加することによって制御する。図1の概念図は、シングルヌルダイバータ配位において外側ダイバータ板 A を真空容器に対し正電位にバイアスした場合に SOL 中を磁力線に沿って流れる電流を示している。LCFS のすぐ内側の磁場と共鳴するヘリカル磁場摂動を生成するため、バイ

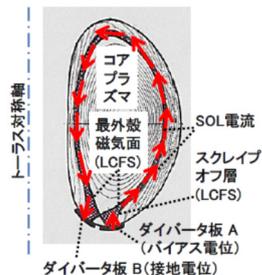


図1. シングルヌルダイバータにおける SOL・ダイバータ電流。

アス可能なダイバータ板をトロイダル方向に複数設置しそれぞれの位相を適宜制御し、トロイダルモード数  $n$  の SOL 電流を誘起する。図2に示したバイアス電圧の位相設定では、 $n=2$  の摂動磁場が生成される。4本の SOL 電流フィラメントは閉じ込められたトーラスプラズマのすぐ外側であるため、各フィラメント電流が 10kA 程度あれば、HモードプラズマのペDESTAL 部に最大 100G 程度の共鳴摂動磁場を生成できる。SOL の磁力線

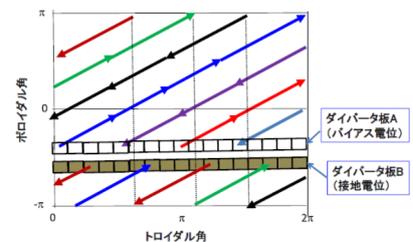


図2 位相制御したダイバータバイアスにより想定される  $n=2$  の SOL 電流の2次元分布パターン。

の回転変換は、LCFS すぐ内側の閉じた磁気面上の磁場の回転変換とほぼ等しく、自ずと共鳴磁場摂動に相当するフーリエ成分が支配的となる。正バイアスではダイバータ板から流出する電流は電子飽和電流、負バイアスではダイバータ板に流入する電流はイオン飽和電流で規定される。しかし、SOL 電流の電流路が両バイアス間を直結するほど十分長ければ、電流はイオン飽和電流で規定される。無衝突 SOL プラズマであれば、電流路長  $L_{||}$  は、磁力線に沿ってダイバータ板に流入する粒子束  $A_{||}\Gamma_{||}$  が磁力線を横切って流路に流入する粒子束  $A_{\perp}\Gamma_{\perp}$  と釣り合う条件から見積もることができる[2]。接触ダイバータ条件では、この条件に近く、電子に対する電流路長はダイバータ間の磁力線長より長くなりうる。一方、非接触ダイバータ条件では、SOL プラズマの衝突周波数は高くなり、電流路長は平均自由行程と無衝突 SOL の電流路長との幾何平均となる[2]。本提案の可能性の検討結果の詳細は講演にて述べる。

[1] A. Kallenbach et al., J. Nucl. Matter. **290-293**, 639(2001).  
 [2] S.A. Cohen, J. Nucl. Mater. **76 & 77**, 68 (1978).