

3-2 高圧カプラズマに必要なプラズマ回転速度を探る —プラズマ変形の抑制に必要な最小プラズマ回転速度の発見—

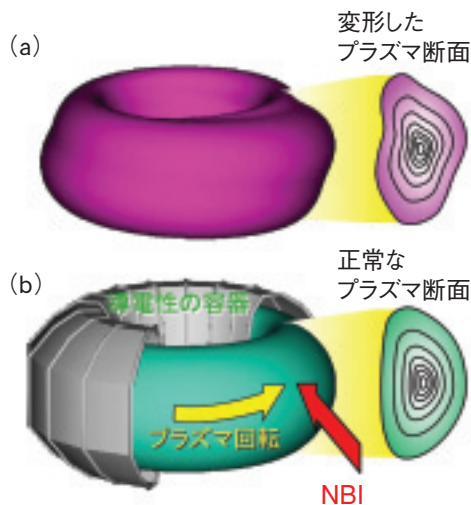


図 3-5 プラズマ回転によるプラズマ変形抑制の概念図
(a) プラズマ圧力の上昇により、プラズマが変形します。
(b) NBIの入射によりプラズマを回転させるとともに、導電性の容器をプラズマに近づけると、変形が抑制されます。これは導電性の容器に変形を打ち消すような電流が流れるためです。

高出力密度（小型で高出力＝経済性が高い）の核融合炉を実現するには、プラズマの圧力（温度×密度）を高める必要があります。しかし、プラズマの圧力が圧力限界に達するとプラズマは変形し閉じ込めを維持できなくなるため（図 3-5 (a)）、プラズマ変形を抑制し圧力限界を上げることは大きな研究課題となっています。これに対し、導電性の容器内において高速の中性粒子ビーム（NBI）を入射してプラズマを回転させると、変形が抑制されて圧力上昇が可能になるという理論予測が示されていました。しかし、ITERや将来の核融合炉では現在の実験装置に比べて外部からの回転の駆動力が小さくなるため、十分な回転速度を得るには余分なNBIのパワーを必要とする可能性が指摘されていました。このため理論予測の実験検証とともに、プラズマ変形の抑制に必要な最小回転速度の究明が重要な研究課題でした。

世界の多くの実験装置では、NBIの入射方向がすべて同じであり、高圧カプラズマを得るための大きな加熱パワーに連動して回転の駆動力も増大してしまうため、ITERや将来の核融合炉を模擬したわずかな回転速度で

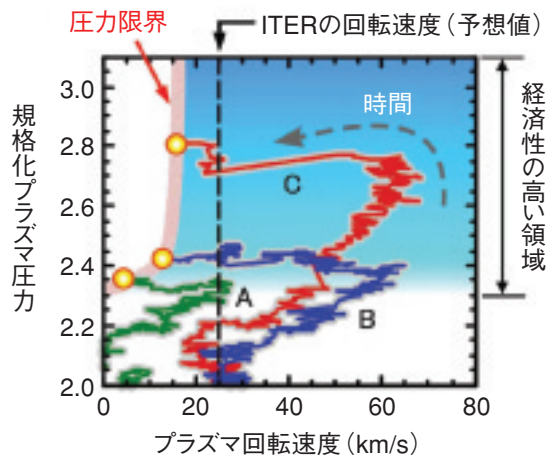


図 3-6 変形抑制に必要なプラズマ回転速度を明らかにした実験結果
NBIの入射の組合せによってプラズマ圧力と回転を時間的に変えた実験の結果、ITERで予想される回転速度以下でもプラズマの変形が回避できることがわかりました。図中、A、B、Cは、NBIの入射の組合せを変えた3ケースの時間変化です。最終的に○で変形が発生しました。

の実験が困難でした。これに対して、JT-60では、入射方向の異なる複数のNBIを備えていることに着眼し、これらのNBIの組合せを調整することで、プラズマ圧力を一定にしながら、プラズマ回転速度を自在に制御する運転方法を考案しました。その結果、加熱パワーは大きい回転速度の小さいITERや将来の核融合炉に類似した条件を再現するとともに、変形抑制に必要な最小のプラズマ回転速度を世界で初めて明らかにすることに成功しました。図 3-6 にその結果を示します。NBIの組合せを変えたA、B、Cの三つのケースにおいて、時間的にパワーを調整することで、変形を起こす圧力限界のプラズマ回転速度を明らかにしました。すなわち回転速度が約20km/s以下になるとプラズマが変形しはじめ、同時にプラズマ圧力の低下を観測しました。この最小回転速度は従来の実験から予測されていた値の約15%に過ぎないことがわかりました。このことは、ITERや将来の核融合炉で予測される回転速度でも十分プラズマ変形を抑制でき、経済性の高い領域で運転の見通しを示す実験結果です。

●参考文献

Takechi, M., Matsunaga, G. et al., Identification of a Low Plasma-Rotation Threshold for Stabilization of the Resistive-Wall Mode, Physical Review Letters, vol.98, 2007, p.0555002-1-0555002-4.