



小特集用語解説

同軸プラズマガン Coaxial Plasma Gun

同軸プラズマガンは、陰陽一対の同軸円筒電極からなるプラズマ生成・加速装置である。考案者の名前から、マーシャルガンとも呼ばれる。電磁弁等を用いて電極間に動作ガスを注入し、そこに瞬時に高電圧を印加することで放電を起こし環状プラズマを生成する。そのときに流れる径方向の放電電流 J とその電流自体がつくる周方向の磁場 B による電磁力 $J \times B$ により、環状プラズマは加速されながら移動し射出される。そして、このプラズマガンの内部電極内側から外部電極外側にソレノイドコイルを設けたものを磁化同軸プラズマガン (MCPG) と呼ぶ。そのコイルにより電極と鎖交する径方向の磁場を与えることで、環状プラズマがその磁場中を通過する際に周方向の電流が誘起され、放電電流によるトロイダル磁場に加えてポロイダル磁場ができ、スフェロマック型コンパクトトラスプラズマが生成・射出される。(姫路工大 福本直之)

グリーンワルド密度 Greenwald Density

トカマク型装置では、密度を増大させていくとディスラプションに至る。その限界値を密度限界と呼ぶ。グリーンワルド密度は密度限界の経験値であり、 $I_p/\pi a^2$ (10^{20} m^{-3}) (I_p : プラズマ電流 (MA), a : プラズマ小半径 (m)) で表される。以前より、密度限界として村上限界とフューギル限界が知られていた。前者は、村上係数 (nR/B , n : 線平均密度, R : プラズマ大半径, B : トロイダル磁場) で評価され、追加熱の有無・不純物量により係数が変化することから、プラズマ周辺でのエネルギーバランスに起因していると考えられている。後者は、 $n = B/qR$ (q : 安全係数) で表される。グリーンワルドらは、異なる装置間でのデータから、後者の密度限界は B/qR よりむしろ xJ (x : プラズマ非円形度, J : 平均電流密度) $\sim I_p/\pi a^2$ で系統的に整理できることを見出した。グリーンワルド密度は、追加熱の有無に依存しないこと、中心粒子補給でより高い密度が得られることから、プラズマ周辺での粒子バランスにより決まっていると考えられている。(原研那珂 竹永秀信)

ラバールノズル Laval Nozzle

単純な小孔から得られる高圧ガスの噴流は、膨張と収縮を繰り返して乱れ、流速も落ちて亜音速に留まる。そこでノズルの穴の大きさを上流から下流に向かってある決まりに従っていったん縮小させ、その後拡大するような管にすると乱れが生じずに方向性の良い超音速流が得られるようになる。スウェーデンの技師 Laval が蒸気タービンにこれを用いたことから、このような形状のノズルはラバールノズルと呼ばれている。ロケットの噴射口がこれである。核融合への応用としては、高密度の超音速水素分子流が容易に得られることから、燃料注入源としての利用

が検討されている。ノズルの喉部(最も細い箇所)を通過した後は断熱膨張過程でもあるので冷却され、条件を整えると超音速分子の一部は凝縮し、塊状分子ビーム、すなわちクラスタービームとなる。このクラスタービームもそのままの形で注入、あるいはいったん電離し静電的に更に加速した上で注入するといった、燃料注入源としての利用が考えられる。

(三重大教 松岡 守)

スクレイプオフ層 Scrape-Off Layer

スクレイプオフ層 (Scrape-Off Layer, SOL) とは、トロイダルプラズマ閉じ込め装置において最外殻磁気面 (リミタあるいはセパトトリックスにより規定される) の外側に存在する層状の領域を指す。SOL を通る磁力線は高々数十 m でダイバータ板やリミタ等のプラズマ対向物に接続しており、プラズマはそこで遮られる。SOL の幅は数 cm のオーダーであるが、これは閉じ込め領域から供給される荷電粒子が磁力線に沿って移動し、消失するまでの間に発生する径方向への拡散によって決まっている。この領域においては非完全電離プラズマが支配的であり、中性粒子は電離・再結合を繰り返しつつ輸送される。SOL の幅が極端に大きい場合温度が高い場合には不純物の輸送が少ない反面、ガスバフによる燃料供給が困難になることもある。大型ヘリカル装置に代表されるヘリオトロン型磁場配位やエルゴディックダイバータ配位においては、最外殻磁気面の外側にエルゴディック層が存在し、さらにその外側に SOL があるためガスバフによる燃料供給はより困難になる傾向がある。

(核融合研 宮沢順一)

中性ガス遮蔽モデル Neutral Gas Shielding Model

プラズマ中へ入射されたペレットはプラズマにより加熱され、溶発することによって燃料供給を行う。プラズマ中におけるペレットの溶発過程を記述した理論モデルはいくつかあるが、Parks らによって基本形が作られた中性ガス遮蔽モデル (Neutral Gas Shielding Model) がもっとも広く受け入れられている。このモデルではプラズマからの熱流束によってペレット表面から溶発したガスがペレットのまわりに溶発雲を形成し、溶発雲がプラズマからの熱流束を遮蔽することによってペレットの溶発率が減少するというものであり、ペレット周辺の溶発雲は電離度が低いために中性粒子からなる理想気体として扱われている。このモデルによるペレットの溶発率は η_p をペレット半径, T_e を電子温度, n_e を電子密度とすると、下式で表現される。

$$\frac{dr_p}{dt} \propto T_e^{1.64} n_e^{\frac{1}{3}} r_p^{-\frac{2}{3}}$$

Parks らの基本モデルは単色エネルギー電子による溶発のみを考慮した単純な一次元のモデルであるが、電子エネルギー分布を考慮したモデルや高速イオンによる溶発も考慮したモデル等、派生したモデルも多数提唱されている。

(核融合研 坂本隆一)