

原型炉ダイバータのためのトリチウム排気ポンプシステム Tritium vacuum pump system for DEMO divertor

○小西哲之^{1),2)}、向井啓介^{1),2)}、八木重郎¹⁾、山口修平³⁾、世古圭²⁾

⁽¹⁾京大、⁽²⁾京都フュージョニアリング、⁽³⁾京大院

Satoshi Konishi^{1),2)}, Keisuke Mukai^{1),2)}, Juro Yagi¹⁾, Shuhei Yamaguchi³⁾, Kiyoshi Seko²⁾

¹⁾Institute of Advanced Energy, Kyoto University, ²⁾Kyoto Fusioneering Ltd.,

³⁾Graduate school of Energy Science, Kyoto University,

1. 研究背景・目的

核融合炉の主燃料系のプラズマ排気は、ダイバータを介して一次燃料サイクルに送られるが、ITER以降、特に原型炉に適用可能なポンプシステムが現状存在していない。ダイバータからの排気は、磁場環境で高濃度トリチウムを連続的に排気し、インベントリを最小にしなければならない。このため、有機物、吸着材、機械動作には大きな制約がある。つまり、真空ポンプとして一般的な通常のクライオポンプ、ターボ分子ポンプ、ルーツ、ロータリーなどは一切使えない。本研究は、原型炉に適用可能な真空ポンプシステムとして今後数年で実用可能と期待される概念を開発しており、その現状について報告するものである。

2. システム構成とコンセプト

本研究では、1) 金属拡散ポンプ、2) プロトン導電体ポンプ、3) ドライ往復動ポンプ、の組み合わせでダイバータと燃料系をつなぐ。プラズマ排気のスルーputは $200\text{Pam}^3/\text{s}$ を想定し、ダイバータからの排気圧力は 1Pa 、吐出圧は 100kPa 、構成ガスとして主に水素同位体 DT、この他に He、デタッチのために真空容器中に注入される Ar, Ne, N_2 などのガス、またトリチウム化不純物として水や炭化水素を含むことを想定する。設置ダクト総面積は数 10m^2 と予想されるが、ダイバータ下部空間で、カセットなどの設計に大きく依存する。ポンプ構成は単純な直列ではなく、キーになるプロトン導電体ポンプで、純粋な水素同位体とそれ以外を能動的に分離する。純粋な水素同位体は概ね DT であり、ダイレクトリサイクルパスを通して短い時定数でプラズマに戻される。バイパス率は概略 90% 程度と想定してい

る。未透過流は、プラズマにバイパスで還流できない軽水素成分のみに依存する。

プロトン導電体ポンプの特性は基本的に Nernst の式に従い、現在得られている電導度で必要な電流量を得られる見通しである。

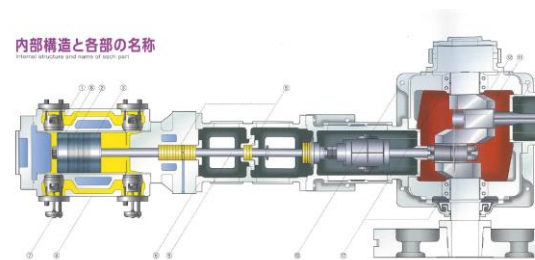


図2 ドライ往復動ポンプの構造

プロトン導電体の後段はドライ往復動ポンプで燃料処理系にトリチウム含有ガスを移送する。4段直列のピストンポンプで、ピストンリングにポリイミド系複合材を用い、トリチウムで実績がある。その外観を図1に示す。

さらに、ダイバータターゲット近傍でのプラズマや粒子の移送の目的で、既存の油拡散ポンプを改造してリチウムなどの液体金属ポンプを使用する開発を行っている。

3. 結論と今後の見通し

それぞれのポンプはある程度技術基盤が存在し、致命的問題は見当たらないが、それぞれモジュール試験と特性の測定が必要である。今後着実な開発により今後3年程度で、実験室規模の小規模システムの水素（コールド）での実証に移行する計画である。