

ヘリカル型原型炉第一壁の双方向水素透過に関する研究

A Study on Bi-Directional Hydrogen Permeation through the First Wall of a Helical Demo Reactor

廣岡慶彦、周 海山、芦川直子、室賀健夫、相良明男

Yoshi HIROOKA, Haishian ZHOU, Naoko ASHIKAWA, Takeo MUROGA, Akio SAGARA

核融合科学研究所

National Institute for Fusion Science

背景・目的

ITER までの磁気閉じ込め核融合実験装置の「第一壁」は、真空容器壁である。ところが、原型炉では、トリチウム増殖率 >1 を達成するため核融合容器壁をブランケット要素群で構成するように設計される。したがって、原型炉の第一壁は、ブランケット要素の周辺プラズマ対向壁と言える。

ブランケット要素は、熱交換率の観点から高温運転を要求されるが、熱応力等の観点から第一壁の薄肉化が要求される。例えば、FFHR[1]では、第一壁設計厚みが、わずか5mmである。

このような薄肉第一壁は、材料の如何によらず、周辺プラズマ照射による水素透過（PDP）とブランケット内の増殖トリチウム圧力による水素透過（GDP）に同時に曝される可能性がある。特に、FliBe や LiPb のように解離圧の高い増殖材では、逆向透過が問題となろう。

第一壁を通した双方向水素透過の結果、ブランケット内に重水素が混入し、燃料サイクル系に同位体分離設備が必要となる。一方、増殖トリチウムによる逆方向 GDP によって真空側にトリチウムが流れ込み、周辺プラズマ密度制御を困難にする可能性もある。

本研究は、第一壁材料の双方向水素透過挙動に関する基礎的な知見を得る事を目的とする。

方法

本研究では、直線型定常プラズマ実験装置：VEHICLE-1[2]を用いて、水素 PDP・GDP 実験を行った。PDP 実験に関しては、プラズマ密度： $10^{10}/\text{cm}^3$ 台、電子温度：3~5eV、照射フラックス $10^{16}/\text{cm}^2/\text{s}$ 台、イオン衝撃エネルギー：100V とした。GDP に関しては、上流側水素気体圧力 100-760Torr とした。

実験試料としては、第一壁候補材料の低放射化フェライト系合金：F82H を選択した。

結果

水素 PDP 実験結果の1例を図-2に示した。この例では、約5mm厚のF82Hを前述の条件で水素プラズマ照射したもので、最終透過束が $10^{13}\text{H}/\text{cm}^2/\text{s}$ 台となった。図-2に同試料の水素 GDP の実験結果を示した。これから、実際に逆行水素 GDPの方がPDPより一桁透過量が多いことが分かった。また、これら水素透過束は、F82Hの代わりに $\alpha\text{-Fe}$ を仮定したDIFFUSEコード[3]計算結果より高いことが分かった。

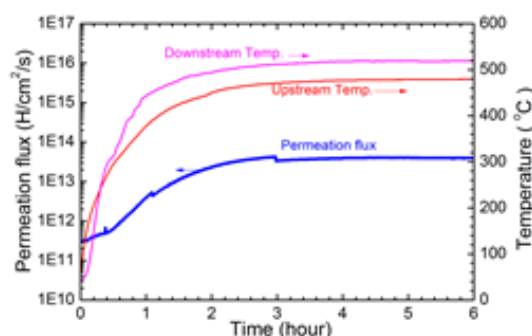


図-1 5mm厚F82Hの500°Cでの水素PDP挙動。

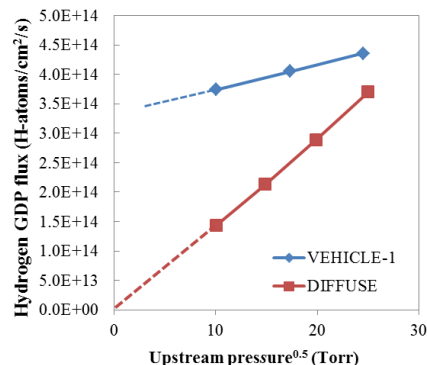


図-2 5mm F82Hの360°Cでの水素GDP挙動。

[1] A. Sagara et al., Fusion Technol. **39**(2001) 753-757.

[2] Y. Hirooka et al., J. Nucl. Mater. **337-339**(2005) 585-589.

[3] M. I. Baskes, "DIFFUSE83", SAND 83-8231.