

JT-60Uプラズマ対向炭素壁への水素蓄積機構の解明

吉田雅史¹、田辺哲朗¹、林孝夫²、仲野友英²、柳生純一²、三代康彦²、正木圭²、伊丹潔²
¹九大総理工、²JAEA

[序論] 核融合炉では安全性の観点から炉内へのトリチウム残留量に厳密な制限が設けられている。そのため、炉内への水素蓄積分布、あるいは水素蓄積速度の解明が急務とされている。本研究では、JT-60Uプラズマ対向炭素タイル(ダイバータ、バップル板および第一壁)に蓄積した水素(軽水素および重水素)の絶対量測定を行い、各領域での水素蓄積過程の解明を試みた。

[実験] 測定対象とした炭素タイルは、JT-60U のダイバータ、バップル板および第一壁で使用されたもので、それらが曝された積算放電時間は多岐に渡る[1]。内側ダイバータおよび外側ドームタイル表面は再堆積層に覆われており、外側ダイバータ、バップル板、および第一壁タイルはプラズマによって損耗していた。タイルからプラズマ対向面を含む厚さ 1 mm (10 × 10 mm² 四方)の試料を切り出した。各試料中の軽水素および重水素の絶対量は TDS にて、深さ分布は SIMS にて測定した。測定の詳細は参考文献[1]を参考にされたい。

[結果・考察] 各試料の軽水素および重水素蓄積量(以後、水素蓄積量)を積算放電時間で整理すると、内側ダイバータタイル(再堆積層)の水素蓄積量は積算放電時間と共に増加していた。また、SEM で観察されたタイル上の再堆積層の層厚さも積算放電時間にはほぼ比例して増加していた。一方、損耗部の水素蓄積量は積算放電時間にあまり依存しておらず、積算放電時間約 10000 秒程度までは、いずれの領域でも 2×10^{22} atoms/m² 程度まで増加するが、その後、積算放電時間が長くなっても僅かに増加するにとどまっていた。特に外側ダイバータではほとんど変化しなかった。

再堆積層の水素蓄積量および層厚さの積算放電時間依存性、およびすでに測定されている再堆積層の炭素密度(~ 0.91 g/cm³) [2]から、水素飽和濃度(H+D)/C、水素蓄積速度を求めると、それぞれ 0.013、 $\sim 4 \times 10^{18}$ H+D atoms/m²/s であった。これらの値は、他のトカマク装置より報告されている値に比べてかなり低い。これは、JT-60U では放電中に再堆積層表面の温度がかなり高くなっていることが原因であると思われる。他方、損耗部での水素蓄積量は積算放電時間にあまり依存していないことから、放電によりタイル表面近傍には水素飽和層が形成されるが、その層厚さの成長速度と、プラズマによって損耗されるタイル表面(飽和層)の退行速度の遅速で決定されると考えられる。外側ダイバータに代表されるように、損耗による退行速度が速いと飽和層は表面に形成されるにとどまり水素蓄積量はほぼ一定となる。そうでなければ水素飽和層の成長が緩やかに進み水素蓄積量が緩やかに増加する。

参考文献

- [1] M. Yoshida, et al. J.Nucl.Mater 390(2009)635-638
- [2] Y. Ishimoto, et al., J.Nucl.Mater 350(2006)301-309