

Accumulation behavior of tritium into the graphite materials used as in-vessel component

広畑優子

北大院工

Yuko HIROHATA

Hokkaido Univ.

ITER の炉内材料は、耐熱(徐熱)、損耗(損傷)、トリチウム(T)蓄積、水素リサイクリングの観点から、第一壁にベリリウム(Be)、プラズマ対向材料としてタンゲステン(W)およびもっとも熱負荷の大きい場所には炭素繊維複合材(CFC)が選択されている。D-T 核融合炉の安全性に関する最も重要な課題は T の蓄積挙動である。Be は水素溶解度が低く水素との共堆積がないため T の蓄積量は少なく(ただし、中性子による定常的な T 生成(${}^9\text{Be}(n,\alpha){}^6\text{He}$, ${}^6\text{He} \rightarrow {}^6\text{Li} + \beta^- \rightarrow {}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{H}$ など)が起きて長期的には T 蓄積量が増える)、W も使用温度が高い上に損耗も少なく T 蓄積量も少ない。しかし、炭素は水素プラズマによって化学スパッタリングを起こし、水素同位体と共堆積し T を多く蓄積することが懸念されている。ITER では炉内 T 蓄積量は 350g 程度に制限されている。1 秒間あたり数 nm で堆積する炭素再堆積膜中に T/C 比が 0.1~0.4 の割合で蓄積すると、わずか数 10 回のフル D-T 放電で制限量を越えその都度 T を除去することが必要になる。この T 蓄積量の見積もりは大型プラズマ装置で得られた結果を基にしているが、その多くは低温度で運転している JET や TFTR のデータである。ITER の運転スケジュールに大きな影響を与えることになる炭素再堆積層中に蓄積する T の挙動を調べることは極めて重要な課題である。

数年前から原研と大学との協力研究で JT-60U 黒鉛ダイバータタイルの水素(重水素)の保持特性を調べてきた。JT-60U では外側ダイバータタイルおよび第一壁の大部分が D および H プラズマに曝され損耗し、再堆積層は内側ダイバータやプラズマから影になっているところに認められた。また、DD 反応によって生成された T のほとんどは数ミクロンまで打ち込まれているのに対して、H および D は表面近傍に堆積することが明らかになってきた。JT-60U (および JT-60) の再堆積層を含むタイルの H(D)蓄積量は再堆積層の膜厚とともに直線的に増加した。再堆積層の炭素密度を $1.75\text{g}/\text{cm}^3$ と仮定すると、再堆積層中の水素同位体濃度 ($\text{H}+\text{D}/\text{C}$ or H/C) は 0.02 以下であり、JET などの結果 ($\text{D}+\text{T}/\text{C}=0.4\sim 1.0$) に比べて極めて低いことが分かった。この原因としては、JT-60U (および JT-60) の運転中のタイル温度が 300°C と高いこと、ポーラスで低い熱伝導率を有する再堆積層はタイルとの熱接触が劣化し、プラズマ放電に曝されると再堆積層の温度が上昇し、一度保持された水素同位体が放電中に再放出されるためと考えられる。このことは再堆積層中の T 蓄積量は放電の履歴および温度に大きく影響されることを示唆している。また、この結果は、運転温度を高く ($>300^\circ\text{C}$) 維持できれば、共堆積膜中の T 蓄積量を激減し、ITER の連続放電ショット数を上げることが可能であることを示している。