

28pB03

JT-60U プラズマ対向壁タイルギャップへの水素同位体の蓄積

Hydrogen retention on tile gap in JT-60U

田辺哲朗、杉山一慶、正木圭

九大院総合理工、九大院総合理工、原子力研究開発機構

Tetsuo Tanabe, Kazuyoshi Sugiyama, Kei masaki

Kyushu Univ. Kyushu Univ. JAEA

<序> ITER では、トリチウム蓄積が極めて重要な問題となっている。とりわけ、プラズマに直接面しない場所、あるいはタイルとタイル間のすきま(タイルギャップ)へ再堆積した炭素膜中にどの程度のトリチウムが、どの様な機構で取り込まれるかは、緊急に解明すべき課題である。JT-60U 内の DD 反応で発生したトリチウム(T)の約半分はあまりエネルギーを失うことなく、プラズマに対向面に直接打ち込まれているが、残りはプラズマ温度まで熱化され、プラズマ粒子である軽水素(H)や重水素(D)と同様に振る舞うことがわかっている。本研究では実際に、プラズマに直接面しないタイルギャップ等でのトリチウム蓄積をイメージングプレート(IP)法により調べることで、ギャップへの水素蓄積の機構とその量の評価を行うことを目的とした。

<結果と考察> 左図に実際に測定を行ったダイバータ領域のタイルギャップの位置と、IP 測定により得られたギャップ深さ方向へのT分布を示した。(a)および(e)のギャップでは、プラズマ直接面したタイルの側面でのTのギャップ深さ方向への減衰が明確に現れている。プラズマに直接面しないところでは、炭素膜が堆積しており、HやDの蓄積量は炭素堆積膜の厚さにはほぼ比例している。T蓄積量も同様に、炭素膜厚さに比例しており、図のT蓄積量の減衰は堆積した炭素膜の厚さが、ギャップの底に向かって特有な減衰長を持って減衰していることを示している。この減衰長は、ギャップ位置によらずほぼ一定で(3-7mm)であった。一方、プラズマから全く影になっている(b)、(c)、(f)、(g)では明瞭な減衰は見られず、両者の蓄積機構が異なっていることを示唆する。プラズマに面したタイルギャップでの堆積層厚さの減衰は、プラズマ対向面で損耗した炭素や炭化水素がプラズマに入った時直ちにイオン化され、磁場によって歳差運動をはじめ、それがギャップに入り込んで堆積する機構により説明される。一方プラズマの影部では中性の炭素あるいは炭素イオンの堆積によると唆される。

<結論> JT-60U ダイバータ領域のプラズマ対向壁炭素タイルについて、タイル間ギャップに面したタイル側壁へのトリチウム蓄積をイメージングプレート法により測定した。その結果トリチウムの蓄積は炭素の再堆積と強い相関を示し、またタイルギャップへの炭素堆積の機構にはイオン由来のもの、中性粒子由来のものがあることを見いだした。

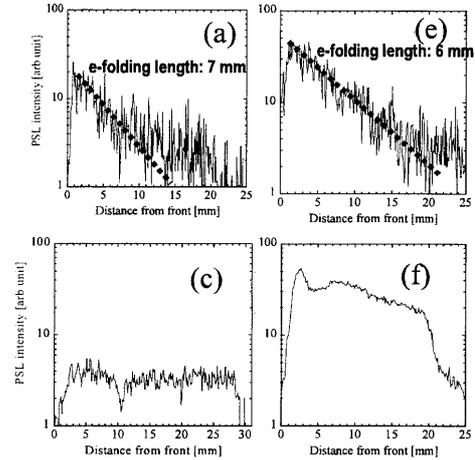
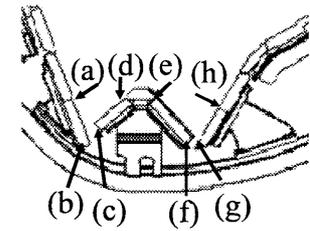


図1. JT-60U のダイバータ領域の炭素タイル配置と測定したギャップ位置および(a), (c), (e), (f)のギャップでの深さ方向へのトリチウム強度分布

28pB04

JT-60U 内における黒鉛タイル中の水素同位体蓄積

Accumulation of hydrogen isotopes in graphite tiles located in JT-60U

〇広畑優子¹、田辺哲朗²、大矢恭久³、柴原孝宏⁴、杉山一慶²、小柳津誠³、吉河朗³、中畑俊彦³、吉田雅史²、新井貴⁵、正木圭⁵、後藤純孝⁶、奥野健二³¹北大工、²九大総理工、³静大理工、⁴名大工、⁵原子力研究開発機構、⁶アドバンテストテック

Hokkaido Univ., Kyushu Univ. Shizuoka Univ., Nagoya Univ., JAEA, Advantest Tech.,

1.はじめに 炭素材料中のトリチウム(T)蓄積は、安全上の観点から ITER の最も重要な問題のひとつである。炭素タイルはプラズマの熱・粒子負荷により損耗し炉内で再堆積するが、プラズマから影になっている場所に再堆積した炭素膜中の水素濃度が大きいことが問題となっている。本研究では、JT-60U の W 型ダイバータ領域に設置されたタイルのプラズマ対向面およびプラズマから影になっている面(タイル間のギャップおよび排気口に面している場所)に堆積した炭素膜中の水素同位体蓄積量を調べた。また、第一壁の黒鉛タイル中の蓄積量を調べ、その濃度から JT-60U 全体の水素同位体の蓄積速度を見積もった。

2.実験 本研究では、6,700 ショット(重水素放電時間=19,000s)の重水素・水素放電に曝されたダイバータタイルおよび約 15,000 ショット(重水素放電時間=30,000s)の放電に曝された第一壁タイルの特徴的な場所から試料を採取した。なお、JT-60U の運転中のタイル温度は 300°C である。再堆積層の厚さ SEM(走査型顕微鏡)、水素同位体の深さ方向分布を SIMS(二次イオン質量分析法)、水素同位体保持量を TDS(昇温脱離法)を用いて調べた。また、ボロニーゼーションによって堆積した第一壁上のボロン膜の膜厚は SEM と XPS(X 線光電子分光法)で調べた。

3.結果・考察 JT-60U のダイバータ領域では外側ダイバータおよび内側ドームウィングタイルが損耗し、内側ダイバータおよび外側ドームウィングタイル上に厚い炭素堆積膜が認められた。また外側排気口に面している外側ウィングタイルの側面にも厚い堆積層が形成されていた。ダイバータタイル中に保持された H と D の蓄積量は再堆積層の厚さにはほぼ比例した。この比例関係と炭素膜の密度(0.91g/cm³)から再堆積層中の水素同位体濃度を求めると、最も低い濃度はプラズマに面した内側ダイバータタイル上の再堆積層で((H+D)/C)は 0.02 であり、最も高い濃度は外側排気口に面しプラズマから影になっている部分に堆積したもので 0.13 となった。これらの値はいずれもJETなど低温で運転されている装置の濃度(0.4-1.0)に比べると水素濃度が低いことが分か

る。

図1は第一壁(FW1,2)、排気口に面するタイル(sample 10)および内側ダイバータタイル(ID106)の重水素のTDSスペクトルである。第一壁のD₂のTDSスペクトルは場所によって大きく異なった。すなわち、堆積B膜の純度が高い試料(FW1)ほど低温側で脱離し、20%程度のCが含有している試料のスペクトルは明らかに2つの脱離ピークから成り立っていることが分かる。第一壁試料のスペクトルは、ダイバータ領域のsample 10やID106とも大きく異なっていることが分かる。これはダイバータと違って温度が低いためにB膜がHとDの総脱離量は、第一壁試料では場所によらずほぼ同程度で、その量は共堆積膜(sample 10)にほぼ等しく、内側ダイバータタイルよりも多いことが分かる。第一壁中に高濃度のDの蓄積が見られたのは、荷電交換した高速のDおよびリップロスによる高エネルギーのDの打ち込みによるもの、および、重水素化デカボラン(B₁₀H₁₄+D₂)によるボロニーゼーション中にB膜中に取り込まれて残されていたものが原因であると考えられる。B膜中のDの詳細な評価は今後の課題である。第一壁は面積が広いためにJT-60U中のHとDの総蓄積量に占める寄与は大きくなる。第一壁中のDが全て放電中に取り込まれて仮定し、かつタイル中の蓄積量がショット数に比例して増加すると仮定して求めたJT-60U全体のHとDの総蓄積量は $\sim 2 \times 10^{25}$ atomsで、蓄積速度は 5×10^2 atoms/sとなった。

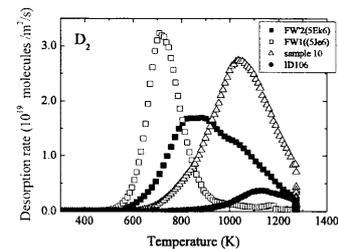


図1 代表的な TDS スペクトル