

プラズマ中の炭化水素ガス分解を利用した水素生成とプラズマ-壁相互作用

Hydrogen production and plasma-wall interaction in direct decomposition of hydrocarbon gas using plasma

大宅諒, 片山一成, 深田智

OYA Makoto, KATAYAMA Kazunari, FUKADA Satoshi

九州大学大学院 総合理工学研究院

Faculty of Engineering Science, Kyushu University

1. 研究背景

自動車の排気ガス等に含まれる炭化水素ガスを分解し、高い効率で水素を生成する技術の開発が望まれている。本研究室ではプラズマによる直接分解法に注目し、プラズマ容器内に注入した99%以上のメタン(CH_4)を水素と炭素に分解できることが分かった[1]。また、前回[2]、プラズマ容器内の原子・分子衝突過程のモンテカルロシミュレーションを行い、注入した炭化水素の分解過程について報告した。

一方、分解中にプラズマ容器表面に炭素が堆積し、効率的な水素の回収を妨げているという問題がある。そこで、本研究では、容器壁表面の炭素堆積過程の理解を目的として、上記のモンテカルロシミュレーションに、プラズマ-壁相互作用（特に、炭化水素の再スパッタリング）を導入した。本シミュレーションを用いて、プラズマ容器内の炭素堆積過程を詳細に調べた。

2. シミュレーションモデル

プラズマ容器内の炭化水素分子の挙動と炭素堆積に関するモンテカルロシミュレーションのモデルを以下に示す。

- (1) 輸送： CH_4 分子がHプラズマ中を移動
- (2) 粒子との衝突： CH_4 がプラズマ粒子(e^- や H^+)と衝突し、解離(CH_y , $0 < y < 3$)やイオン化(CH_y^+ , $0 < y < 4$)を起こす（反応係数は[3]を参照）。中性粒子との衝突は、静止剛体球との衝突を仮定した。
- (3) 容器壁との衝突：前回[2]の CH_y の解離を含む反射に加えて、堆積した CH_y の一部が、スパッタによりプラズマに再突入する過程を導入した。（スパッタ率は[4]を参照）

上記(1)~(3)の計算を繰り返し、 CH_y の堆積位置分布をシミュレーションした。また、流入する炭化水素ガス全体を 10^4 個の CH_4 分子で模擬して、実際の炭素堆積速度を評価した。

3. 結果

Fig.1に、これまでのシミュレーションにより得られた CH_y の堆積位置の分布の一例を示す。前回の報告[2]では CH_4 注入口付近に炭素が堆積することが示されたが、本研究では堆積した炭素が再スパッタし、容器中央部に多く堆積していることが示された。さらに、繰り返しスパッタされ、プラズマ放電領域を越えて反対側に堆積する炭素も見られる。また、注入した CH_4 のほぼ全てが完全に分解され、炭素(C)になっていることが分かった。

発表では、プラズマ条件（温度・密度）を変化し、 CH_4 の分解率や CH_y の堆積位置の変化に関するシミュレーション結果を示す。

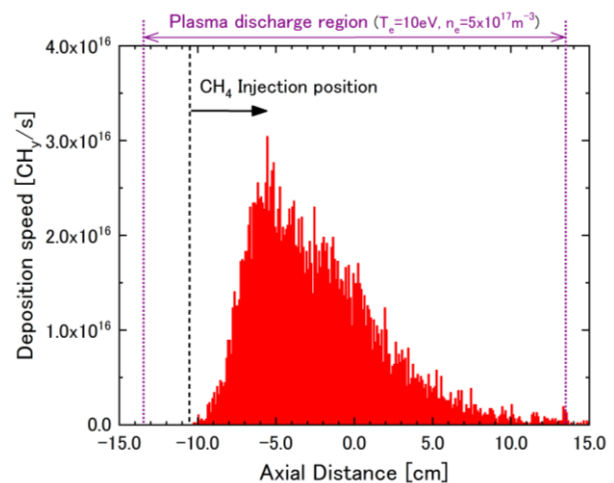


Fig.1 CH_y 粒子の堆積位置の分布

参考文献

- [1] K. Katayama et al., Fusion Engineering and Design **85** (2010) 1381-1385.
- [2] M. Oya et al., Plasma Conference 2017, 21P-97.
- [3] R.K. Janev and D. Reiter, Rep. Forschungszentrum Juelich, Juel-3966 (2002)
- [4] J. Roth et al., J. Nucl. Mater. 266-269 (1999) 51-57.