

水素分子の振動・回転状態を区別した中性粒子輸送コードを用いた
 信州大学RFプラズマの水素原子・分子発光スペクトルの計算
**Spectra calculation of RF hydrogen plasmas with rovibrationally resolved
 neutral transport code for molecular hydrogen**

土居健志, 西分久弘, 澤田圭司, 斉藤好汰, 野端伸匡

DOI Takeshi, NISHIBUN Hisahiro, SAWADA Keiji, SAITO Kohta, NOBATA Nobumasa

信州大
 Shinshu Univ.

核融合非接触ダイバータープラズマ中の分子活性化再結合などの分子過程反応速度係数は分子の振動・回転状態によって大きく異なる。このため、我々は水素分子の振動・回転状態を区別した中性粒子輸送コードの開発を進めている[1]。本研究ではコードの検証を目的として、信州大学RF水素プラズマ放電に中性粒子輸送コードを適用し、分光計測で得られた分子発光線強度と比較した。中性粒子輸送コードで得られる分子の振動・回転ポピュレーションは、分子が壁に衝突した際の扱いで大きく変わる。このため、実験の分子発光線を再現する壁条件の考察を行った。

信州大学RF放電装置は、RFアンテナ部の長さ800mm、内径50mmのガラス管とそれに接続されている内径175mmのステンレスチャンバーで構成されている。水素ガスにヘリウムガスを加え、ヘリウム発光線の分光計測から得られた電子温度・密度を中性粒子輸送コードと水素分子衝突輻射モデルに与えた。今回の解析では、分光計測で得られた590nm-620nmのFulcher帯波長領域の分子発光線を再現する振動・回転温度を水素分子衝突輻射モデル[2]を用いて決定し、中性粒子輸送コードで計算された振動・回転密度と比較した。

中性粒子輸送コードでは、容器に導入された水素ガス中の分子の1つ1つを弾性散乱・非弾性散乱を考慮して追跡する。容器内の空間はセルに分割されており、粒子の追跡中は、各セルでセルを通過する時間が記録される。各セルで振動・回転状態を区別して通過時間を蓄積する。各セルでの蓄積通過時間をセル体積で割ったものが各種粒子の密度に比例する。粒子源から1秒あたりに放出される粒子の蓄積時間を用いて密度の絶対値を算出している。速度別に通過時間を蓄積して速度分布関数も計算している。追跡開始時の速度および振動・回転密度は300Kにおけるボルツマン分布とした。一定数の粒子を追跡して得られた水素原子・分子の温度・密度・速度分布を粒子追跡時の背景として与え、これらとの弾性散乱を考慮しながら粒子を追跡する。一定の粒子数の追跡の繰り返しが収束するまで行う。

本研究では水素分子が壁に衝突した際の扱いとし

て、運動エネルギーおよび振動・回転状態を壁温度(300K)の分布で再放出する場合(条件1)、運動エネルギーおよび振動・回転状態を保存して再放出する場合(条件2)、振動状態のみ保存して運動エネルギーと回転状態には壁温度を反映させる場合(条件3)の3つの条件で計算を行った。

3つの条件で計算した水素分子の振動・回転密度分布と、分光計測による振動・回転温度から求めた振動・回転密度分布を比較したところ、条件3が最も似た分布になった。各条件の比較図を図1に示す。

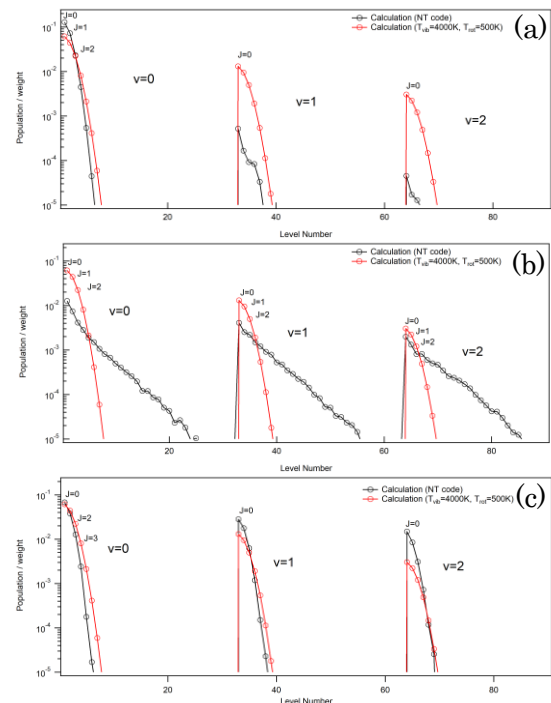


図1 水素分子の振動・回転状態別の密度分布
 (a)条件1, (b)条件2, (c)条件3

- [1] K. Sawada, H. Nakamura, S. Saito, G. Kawamura, M. Kobayashi, K. Haga, R. Migita, T. Sawada, M. Hasuo, *Contrib. Plasma. Phys.* **60**, e201900153 (2020).
 [2] K. Sawada, M. Goto, *Atoms* **4**, 29 (2016).