

水素分子の振動・回転状態を区別したLHD中性粒子輸送コードを用いた  
水素原子・分子の発光スペクトルの計算  
**Spectra calculation of LHD hydrogen plasmas with a neutral transport code  
including rovibrational levels of molecules**

羽下健太<sup>1</sup>, 土居健志<sup>1</sup>, 澤田圭司<sup>1</sup>, 河村学思<sup>2,3</sup>, 小林政弘<sup>2,3</sup>,  
Arseniy A. KUZMIN<sup>4</sup>, 蓮尾昌裕<sup>4</sup>, 斎藤誠紀<sup>5</sup>, 中村浩章<sup>2,6</sup>

HAGA Kenta<sup>1</sup>, DOI Takeshi<sup>1</sup>, SAWADA Keiji<sup>1</sup>, KAWAMURA Gakushi<sup>2,3</sup>, KOBAYASHI Masahiro<sup>2,3</sup>,  
Arseniy A. KUZMIN<sup>4</sup>, HASUO Masahiro<sup>4</sup>, SAITO Seiki<sup>5</sup>, NAKAMURA Hiroaki<sup>2,6</sup>

<sup>1</sup>信州大, <sup>2</sup>核融合研, <sup>3</sup>総研大, <sup>4</sup>京大院工, <sup>5</sup>山形大, <sup>6</sup>名大工

<sup>1</sup>Shinshu Univ., <sup>2</sup>NIFS, <sup>3</sup>SOKENDAI, <sup>4</sup>Kyoto Univ., <sup>5</sup>Yamagata Univ., <sup>6</sup>Nagoya Univ.

我々はLHDの中性粒子輸送コードの開発を進めている。プラズマ中における水素分子の各種反応速度係数は、分子の振動・回転状態によって大きく異なるため、分子を追跡する際にこれらを区別して別粒子として扱っている[1]。

現在は EMC3-EIRENE で求められた電子とイオンの温度・密度分布およびダイバータへのイオン流束を我々の中性粒子輸送コードに与えている。中性粒子輸送コードでは、ダイバータ板に到達したイオン流の中性化により放出された原子・分子を追跡する。放出された原子と分子の割合や分子の振動・回転状態の分布は分子動力学計算の結果を与えている[2]。放出される原子・分子の流束の絶対値はイオン流束から決めている。原子が壁面で反射される際の反射粒子の原子と分子の割合は TRIM コードの結果を用いている。

LHD では Fig.1 に赤色で示す視線でエッセル分光器を用いた分光計測が行われている [3]。波長範囲 400-800 nm が同時計測される。Fig.2 は 600-630nm の分子 Fulcher band が見られる波長範囲を示している。本研究では、実験のプラズマ条件(shot number 142441)で原子・分子スペクトルを計算して分光計測結果と比較する。

中性粒子輸送コードではLHD容器内部の全領域で原子密度および振動・回転状態を区別した分子密度が計算されている。分光計測の視線上の各位置でこれらの密度と電子温度・密度を水素原子衝突輻射モデルおよび振動・回転状態を区別した水素分子衝突輻射モデル[4]に与えて放射される原子・分子発光線を計算し、視線方向で積分した。現在は計測での視線の広がりには考慮されていない。

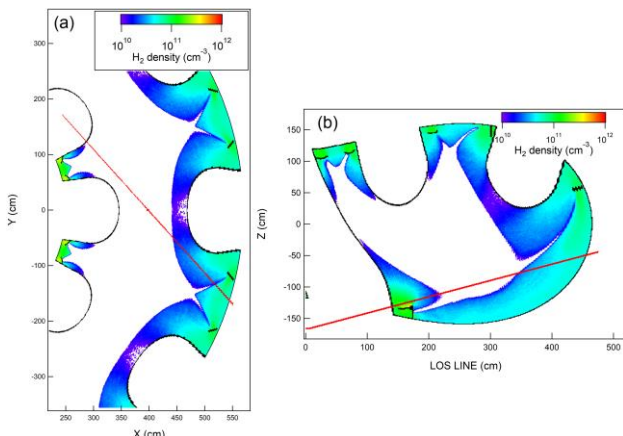


Fig.1 分光計測の視線と中性粒子輸送コードによる分子密度の計算結果 (a)水平断面 (b)視線に沿った垂直断面

Fig.1 は中性粒子輸送コードで得られた電子基底状態の水素分子の密度分布を示している。Fig.3 は Fig.2 の実験と同じ視線上の各位置の発光を視線方向で積分して得られたスペクトル(600-630nm)である。水素分子発光線の絶対強度はおおむね再現されている。今後、実験と計算の分子発光線の相対強度について詳しく調べ、モデルの改善を進めていく。

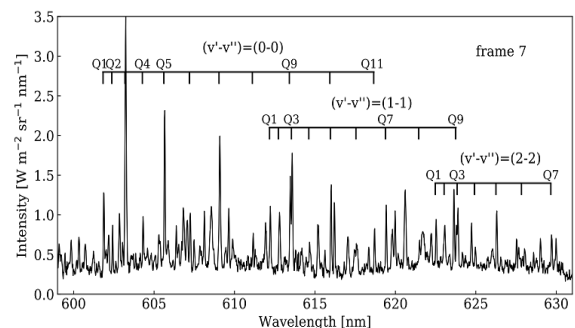


Fig.2 分光計測から得られた発光線スペクトル[3]

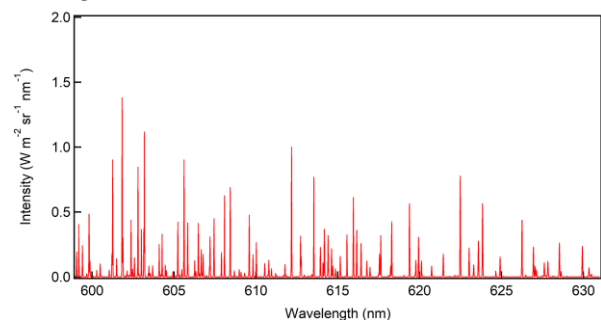


Fig.3 中性粒子輸送コードを用いて計算した水素分子スペクトル

- [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] S. Saito, H. Nakamura, K. Sawada, G. Kawamura, M. Kobayashi, M. Hasuo, Contrib. Plasma. Phys., e201900152 (2020).  
[3] 石原啓基, 京都大学院工学研究科 2019 年修士論文.  
[4] K. Sawada, M. Goto, Atoms 4, 29 (2016).