

電子・振動・回転状態を考慮した水素分子衝突輻射モデルの構築
Construction of collisional-radiative model of molecular hydrogen

谷口和成¹, 澤田圭司¹, 江角直道²
 Kazunari Taniguchi¹, Keiji Sawada¹, Naomichi Ezumi²

¹信州大学大学院理工学系研究科 〒380-8553 長野市若里4-17-1

¹Graduate school of Sci. and Tec., Shinshu University 4-17-1 Wakasato, Nagano, 380-8553, Japan

²長野高等専門学校 〒381-8550 長野市徳間716

²Nagano National College of Technology 716 Tokuma, Nagano, 381-8550, Japan

我々は核融合周辺プラズマの解析のため、水素分子衝突輻射モデルの開発を進めている。これまでのモデルでは電子状態と振動状態のみが区別されていたが、分子の各種反応において、解離性電子付着のように、断面積が回転状態に強く依存するものを正しく扱うために、電子・振動・回転状態を区別したモデルを構築した。準位は、 n , v , A , N , J で区別し、 $n=6$ 以下の計 4133 の状態を考慮した。A 係数および電子衝突励起速度係数などの素過程データを調査し、モデルに組み込んでいる。このモデルでは、分子スペクトルが計算できるので、実験との比較により電子温度・密度や分子の振動・回転温度の決定が可能になる。本研究では我々の研究室の RF プラズマを用いて、実験で得られるスペクトルと水素分子衝突輻射モデルで得られるスペクトルを比較し、モデルの評価を行った。

RF 放電装置に、水素 40 sccm およびヘリウム 40 sccm を導入してプラズマを生成した。ヘリウム原子衝突輻射モデル[1]を用いたヘリウム原子発光線強度の解析により電子密度 $5.0 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$ 、電子温度 3.25 eV を算出し、これらを水素分子衝突輻射モデルに与えた。さらに Fülcher-Band の発光線から決定した振動温度 4200 K、回転温度 350 K を用いて可視域全域の水素分子スペクトルを計算した。

計算の発光線強度の絶対値を実験の Fülcher-Band の発光線強度に合わせて、可視域 (380-800 nm) で実験と計算のスペクトルを比較した (Fig. 1-3)。 $b^3\Sigma_u^+$ に遷移する連続光 (Fig. 1)、560 nm から 640 nm の波長域で観測される $d^3\Pi_u - a^3\Sigma_g^+$, $j^3\Delta_g - c^3\Pi_u$, $i^3\Pi_g - c^3\Pi_u$ の発光線の強度は、計算によりまずまず再現された。

短波長側では Fig. 1 のように、連続光を除いて、計算は実験よりあきらかに小さな値になっている。現在調査中であるが、Singlet 系列の発光線の計算値が小さいようである。計算の発光線強度に最も影響を及ぼすと思われる電子基底状態からの電子衝突励起速度係数の信頼性や輻射輸送の影響などの検討を進めている。

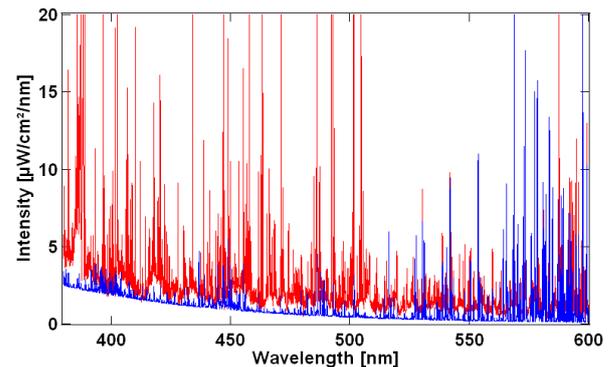


Fig.1 380-600 nm
 CR Model (Blue) and Experiment (Red)

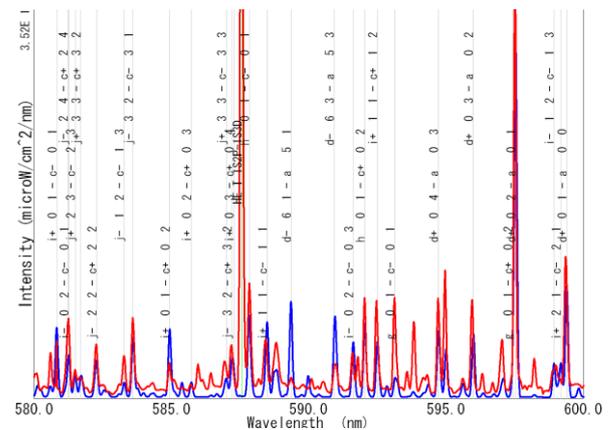


Fig.2 580-600 nm

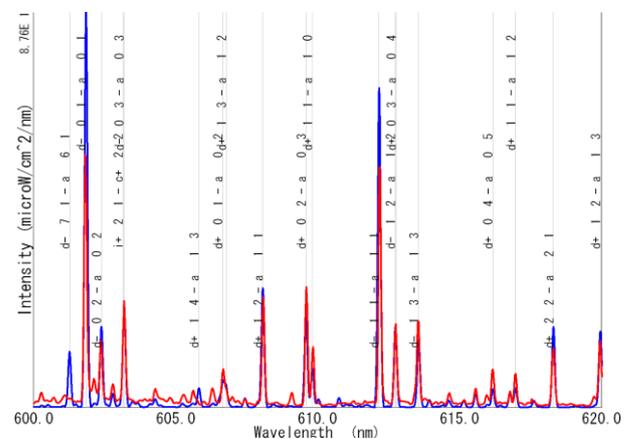


Fig.3 600-620 nm

[1] K. Sawada, Y. Yamada, T. Miyachika, N. Ezumi, A. Iwamae, M. Goto, Plasma and Fusion Res. 5, 001 (2010).