

重水素分子衝突輻射モデルの構築 Construction of collisional-radiative model of molecular deuterium

日高慎一, 松本展明, 木ノ脇慎平, 早川立起, 谷口秀夫, 澤田圭司
Shinichi HIDAKA, Nobuaki MATSUMOTO, Shinpei KINOWAKI, Rituki HAYAKAWA,
Hideo TANIGUCHI, Keiji SAWADA

信大工
Shinshu Univ.

我々の研究室では、核融合周辺プラズマ中の原子・分子の反応の流れなどを理解するために、衝突輻射モデルや中性粒子輸送コードなどの計算機コードの開発を行っている。これまでに、開発した計算機コードを用いて核融合科学研究所の大型ヘリカル装置(LHD)や信州大学 RF 放電装置の水素プラズマの解析を行ってきた。

現在, LHD では従来の水素放電実験から重水素放電実験へと研究の段階を進めることが計画されている。それに伴い、重水素プラズマの解析のために新たに重水素に対応した計算機コードを整備する必要がある。その一つとして、重水素分子衝突輻射モデルの構築を進めている。本研究では電子状態、振動状態、回転状態を区別した重水素分子衝突輻射モデルを構築した。

エネルギー準位：主量子数 6 まで考慮した。主量子数 4 以下のものについては文献[1]の振動・回転に分離された値を使用した。文献に記載のないものは我々が電子状態のポテンシャルから求めた振動・回転のエネルギー値を使用した。

A 係数： $B^1\Sigma_u^+$, $C^1\Pi_u$, $D^1\Pi_u$, $B^1\Sigma_u^+$ から $X^1\Sigma_g^+$ への遷移についてはデータベース[2]の値を用いた。それ以外は、新たに計算した。

電子衝突励起断面積：文献[3]の $X^1\Sigma_g^+$ から $B^1\Sigma_u^+$, $C^1\Pi_u$ への振動準位まで区別された励起断面積を用いた。文献[3]にないものについては、すでに開発を進めている水素分子衝突輻射モデルと同様にした。

構築したモデルの検証のため、信州大学 RF 放電装置を用いて重水素・ヘリウム混合放電実験を行った。実験条件は電源電力 500 W, 重水素ガス流量 5 sccm, ヘリウムガス流量 10 sccm で行った。ヘリウムはモデルの計算に必要な電子温度、電子密度を求めるために混合した。得られた電子温度は 2.6 eV, 電子密度は $5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ である。分光計測はエシエル分光器を用いた (374.9 nm ~ 800.2 nm)。

分子発光線の波長は実験と計算のスペクトルの波長はおおむね一致した。

計算により得られた分子発光線と、分光計測よ

り得られた分子発光線の比較を Fig.1 に示す。両者の発光線強度は Fig.1 の波長領域で一致するようにした。図中の赤い線が分光計測、青い線が計算である。

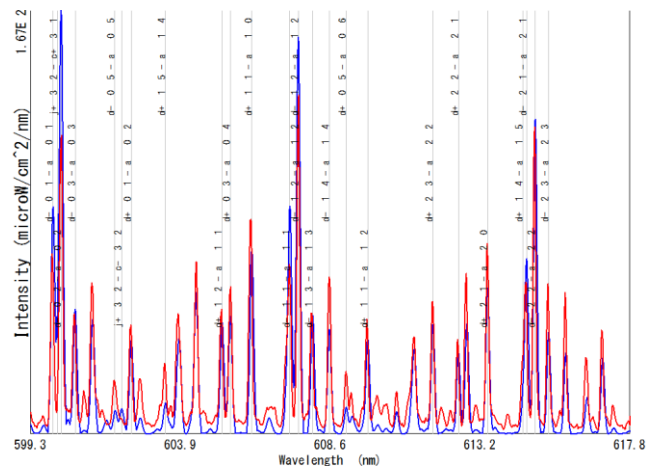


Fig.1 分子発光線の比較結果

発光線強度については、長波長側 (700 nm 付近) で強い $EF^1\Sigma_g^+ - B^1\Sigma_g^+$ では、実験が計算より 30 程度大きくなり、短波長側 (450 nm 付近) で強い $I^1\Pi_g^- - B^1\Sigma_g^+$ では実験が計算より 100 程度大きくなっている。これは励起断面積のしきい値付近の値が信頼性に乏しく、その影響が表れていると考えられる。今後、いくつかの電子温度のプラズマを生成し、分光計測で得られる発光線強度を再現する励起断面積を決定する。また、重水素原子衝突輻射モデルや重水素分子イオン衝突輻射モデル、中性粒子輸送コードの整備も進める予定である。

[1] H. M. Crosswhite, Robert S. Freund and James A. Schiavone, J. Phys. Chem. Ref. Data, Vol. 14, No. 1, (1985)

[2] MOLAT, Atomic and Molecular Data, <http://molat.obspm.fr>

[3] R.Celiberto, A.Laricchiuta, M.Capitelli, R.K.Janey, J.M.Wadehra, D.E.Atems, IAEA, INDC(NDS)-397, (1999)