

電子・振動・回転状態を区別した水素分子衝突輻射モデルの構築 Rovibrationally resolved collisional-radiative model of molecular hydrogen

澤田圭司
SAWADA Keiji
信大工
Shinshu Univ.

プラズマ中の水素分子の各種反応の速度係数は、例えばFig. 1の電子の解離性付着のように、始状態の振動・回転状態に大きく依存するため、プラズマモデリングでは水素分子の電子・振動・回転状態のポピュレーション分布を知る必要がある。このため、我々は、水素分子の電子・振動・回転状態の計4133準位を区別した水素分子衝突輻射モデルを構築し、核融合非接触ダイバータプラズマで注目される分子活性化再結合過程 (Table 1 のP1-P3,P4-P7) を含む各種の水素分子反応速度係数の計算を行っている。

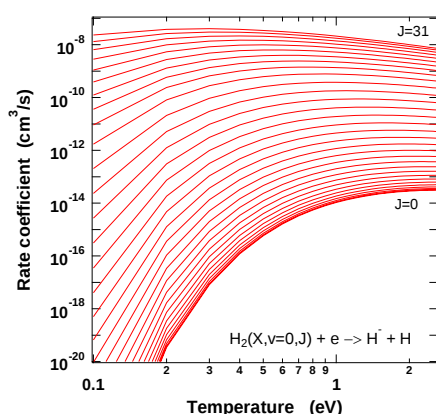


Fig. 1 解離性付着速度係数[1]

本研究では、SlimCSの非接触ダイバータプラズマ[2]を想定し、 $T_e = T_{H^+} = T_H = 2$ eV, $T_{H_2} = 1$ eV, $n_e = n_{H_2} = 10^{16}$ cm⁻³, $n_H = 10^{15}$ cm⁻³ をモデルに与え、このプラズマに水素分子が入射した場合について電子・振動・回転状態のポピュレーションの時間変化を計算し、それを用いて各種反応の実効的速度係数を計算した。初期ポピュレーション分布は 300 K のボルツマン分布とした。

Figure 2 はTable 1中の各種反応の速度係数の時間変化を表す。プラズマ入射後の振動・回転準位ポピュレーションの増加に伴い、分子活性化再結合の(P1-P3)および(P4-P7) の速度係数が

従来考えられてきた値(10^{-11} s の値)より大幅に増加する結果が得られた。学会ではモデルと計算の詳細について報告する。

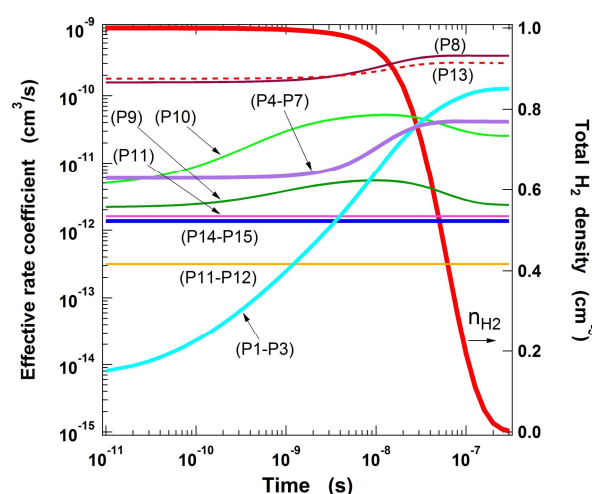


Fig. 2 Table 1 の各種反応の速度係数

Table 1

Label	Process
(P1)	$H_2(X^1\Sigma_g^+, v, J) + e \rightarrow H_2^- \rightarrow H(p=1 \text{ or } 2) + H^-$
(P2)	$H^- + H^+ \rightarrow H(1) + H(p=2 \text{ or } 3)$
(P3)	$H(p=2 \text{ or } 3) \rightarrow H^* \rightarrow H(1)$
(P4)	$H_2(X^1\Sigma_g^+, v) + H^+ \rightarrow H_2^+(X^2\Sigma_g^+, v') \rightarrow H(1)$
(P5)	$H_2^+(X^2\Sigma_g^+, v') + e \rightarrow H_2^+(X^2\Sigma_g^+, v'') + e$
(P6)	$H_2^+(X^2\Sigma_g^+, v'') + e \rightarrow H(1) + H(p \geq 2)$
(P7)	$H(p \geq 2) \rightarrow H^* \rightarrow H(1)$
(P8)	$H_2(X^1\Sigma_g^+, v) + e \rightarrow H_2(b^3\Sigma_u^+) + e \rightarrow H(1) + H(1)$
(P9)	$H_2^*(\text{singlet}, v, J) \rightarrow H_2(X^1\Sigma_g^+) + h\nu \rightarrow H(1) + H(1)$
(P10)	$H_2^*(\text{triplet}, v, J) \rightarrow H_2(b^3\Sigma_u^+) + h\nu \rightarrow H(1) + H(1)$
(P11)	$H_2(X^1\Sigma_g^+) + e \rightarrow H(1) + H(p \geq 2)$
(P12)	$H(p \geq 2) \rightarrow H^* \rightarrow H(1)$
(P13)	$H_2(X^1\Sigma_g^+, v) + H \rightarrow H + H + H$
(P14)	$H^+ + e \rightarrow H(1)$
(P15)	$H^+ + e \rightarrow H^* \rightarrow H(1)$

References

1. J. Horacek et al., Rate Coefficients for Low-Energy Electron Dissociative Attachment to Molecular Hydrogen, NIFS-DATA-73 (Feb. 2003).
2. K.Hoshino, K. Sawada, R. Idei, R.; S. Tokunaga, N. Asakura, K. Shimizu, N. Ohno, Contrib. Plasma Phys. 56, 657-622 (2016).