

ガス圧計測と分光計測で得られた基底・準安定ヘリウム原子密度の
中性粒子輸送コードによる再現

**Helium neutral transport code to reproduce experimentally obtained ground
and metastable densities**

西分久弘、佐藤優作、上田朝陽、土居健志、増田翔太、澤田圭司
NISHIBUN Hisahiro, SATO Yusaku, UEDA Asahi, DOI Takeshi,
MASUDA Shota, SAWADA Keiji

信州大工
Shinshu Univ.

重水素と三重水素を燃料とした核融合反応ではヘリウムイオンが生成される。ヘリウムイオンは炉壁近傍での再結合や炉壁との衝突により中性化されヘリウム原子となる。ヘリウム原子がプラズマに与える影響やヘリウム原子の排気のため、我々はヘリウム原子の中性粒子輸送コードの開発を進めている。本研究では、このコードについて2つの検証を行った。

まず、我々のコードで計算される準安定原子密度の検証を行った。ヘリウム原子の電離を考えると、準安定原子からの電離は反応速度係数が大きく、基底原子からの電離に対して無視できない可能性がある。我々の研究室の高周波ヘリウムプラズマでヘリウム原子発光線強度を計測し、衝突輻射モデル[1]を用いて準安定原子密度を算出し、輸送コードの計算結果と比較した。図1に実験装置の概略図、図2にガラス管の中心から径方向に0.5 cm刻みで実験と計算の準安定原子密度を比較した結果を示す。準安定原子 2^3S では実験と計算がおおよそ一致しているのに対し、準安定原子 2^1S では計算値は実験値より小さい値となっている。この計算では輻射輸送に伴う 2^1S から 2^1P への光吸収を考慮してしないため、 $2^1P \rightarrow 1^1S$ のA係数を0とした計算を行ったところ、実験値に近い値が得られた。計算では壁に当たった際の内部状態が変化しないとしている。現在は準安定原子が壁で基底状態に遷移するとした場合に計算結果がどのように変化するか調べている。

次に、我々のコードで計算されるヘリウム基底原子密度の検証を行った。輸送コード中では励起や電離の非弾性散乱に加え、ヘリウム原子間の弾性散乱を考慮している。弾性散乱には、ヘリウム原子間のポテンシャル[2]から算出した微分断面積を用いている。ヘリウム原子の追跡時は弾性散乱の相手となるヘリウム原子密

度・温度の空間分布を必要とする。我々のコードでは、まず一定数の原子を追跡・集計してこれらの空間分布を算出し、次の一定数の計算ではこれを背景として弾性散乱を扱う。一定数の計算ごとに背景を更新し収束するまで繰り返す。収束後に得られる原子密度・速度分布の検証のためプラズマがない場合について円管を対象とした計算を行い、分子流領域および中間流領域の理論値[3]と比較した。

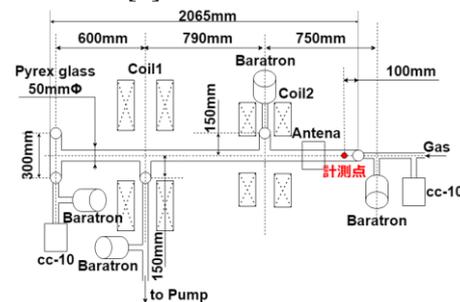


図1 実験装置概略図

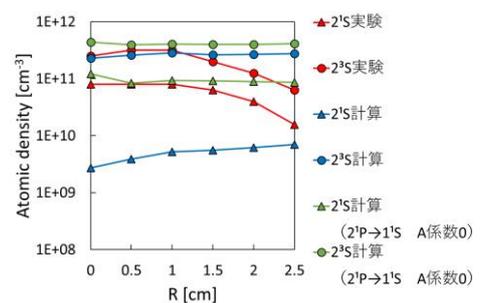


図2 図1中の計測点におけるガラス管の中心からの距離に対する準安定原子密度

- [1] M. Goto, J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer 76, 331–344 (2003).
- [2] J. Rychlewski (Ed.), Explicitly Correlated Wave Functions in Chemistry and Physics: Theory and Applications, Springer; Softcover reprint of the original 1st ed. (2003).
- [3] 堀越源一, 真空技術[第3版], 東京大学出版会 (1994).