

ヘリオトロンJのNBI加熱における高エネルギー粒子の
荷電交換損失に対する経験式の提案

Proposal of Empirical Formula for Charge Exchange Loss
on NBI Heating in Heliotron J

吉田健太¹, 松本裕¹, 小林進二², 關良輔³, 富岡智¹, 山内有二¹
Kenta Yoshida¹, Yutaka Matsumoto¹, Shinji Kobayashi², Ryosuke Seki³,
Satoshi Tomioka¹, Yuji Yamauchi¹

北海道大学¹, 京都大学², 核融合科学研究所³
Hokkaido University¹, Kyoto University², NIFS³

核融合炉実現のためにプラズマの加熱は重要な研究課題の1つである。ヘリオトロンJ[1]ではプラズマの加熱法の1つとしてNBI加熱が使用され実験が行われている。これまで我々が行ってきた真空容器壁を粒子損失境界としたモンテカルロ解析によって、ヘリオトロンJのNBIで生成される高エネルギー粒子の多くが最外殻磁気面(LCFS)内外を行き来する再突入粒子となり、これがプラズマの加熱に大きく寄与することが示された[2]。しかしこの解析では、再突入粒子が大きく影響を受ける荷電交換損失について、中性粒子密度分布 n_n が与える影響などが詳細に調べられていない。そこで本研究では、ヘリオトロンJの標準的な温度および密度分布を持つ背景プラズマに対して、NBI加熱における荷電交換損失の影響について解析した。 n_n を

$$n_n = \begin{cases} n_0 & (\rho > 1) \\ n_0 \times \exp[(\rho - 1)/\lambda] & (\rho \leq 1) \end{cases} \quad [\text{m}^{-3}] \quad (1)$$

のように、平均小半径 ρ のみに依存すると仮定し、LCFSでの低温中性粒子密度 n_0 と侵入長 λ を様々に変化させた。さらに、LCFS外側にのみ一様に中性粒子が存在するモデルと ρ によらず一様に分布するモデルの2つの場合についても解析を行った。荷電交換反応断面積 σ_{CX} [3]と解析によって得られた定常の速度分布関数 f_H から、単位時間あたりに荷電交換損失した粒子数 \dot{N}_{CX} を

$$\dot{N}_{CX} = \int_r n_n \int_v \sigma_{CX} v f_H dv dr \quad [\text{s}^{-1}] \quad (2)$$

のように算出し、荷電交換損失が与える影響について評価を行った。

図1は、背景プラズマに吸収されたパワー P の \dot{N}_{CX} に対する変化を示している。図に示すように、 P がほぼ \dot{N}_{CX} に強く依存していることがわかった。この結果から、

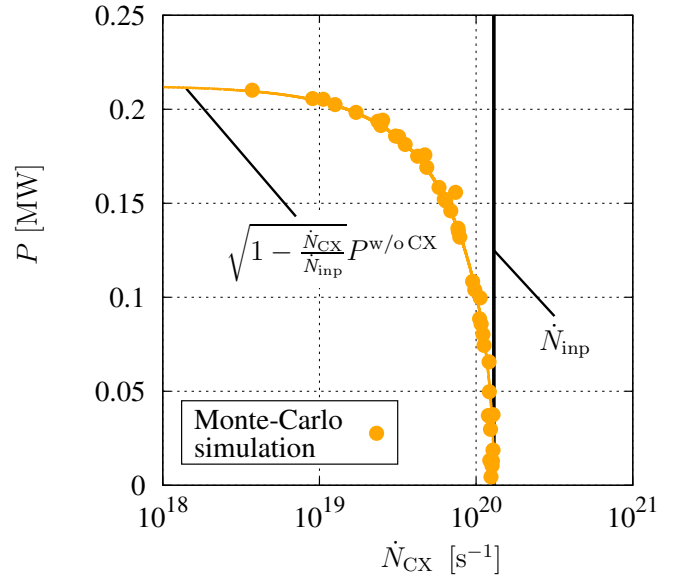


図1: \dot{N}_{CX} に対する背景プラズマに吸収されたパワー P

P と \dot{N}_{CX} との間には、

$$P = \sqrt{1 - \frac{\dot{N}_{CX}}{\dot{N}_{imp}}} P^{w/o\,CX} \quad [\text{MW}] \quad (3)$$

の関係があることがわかった。ここで、式(3)の $P^{w/o\,CX}$ は荷電交換損失を無視した解析におけるプラズマに吸収されたパワーである。また、 \dot{N}_{imp} は単位時間あたりにNBIによって生成される高エネルギー粒子数である。

ポスター発表では、さまざまな物理量と \dot{N}_{CX} との関係式を示し、それらを用いた中性粒子密度分布予測への活用について議論する予定である。

[1] T. Obiki, *et al.*, Nucl. Fusion **41**, 833 (2001).

[2] Y. Matsumoto, *et al.*, Proc. 21st ISHW p.2-17 (2017).

[3] A. C. Riviere Nucl. Fusion **11**, 363 (1971).