

高速イオン荷電交換損失の計測としてのFIDA の応用 Application of FIDA as a charge exchange loss measurement for NB-produced fast ions in small or medium-size devices

西村伸¹, 山口裕之¹, 小林進二², 門信一郎², 南貴司²,
大島慎介², 岡田浩之², 中村祐司², 長寄百伸²
S. Nishimura¹, H. Yamaguchi¹, S. Kobayashi², S. Kado², T. Minami²,
S. Ohshima², H. Okada², Y. Nakamura², K. Nagasaki²

¹核融合研, ²京大
¹NIFS, ²Kyoto Univ.

Heliotron-JやCFQSのような小型中型トーラス装置における NBI 加熱実験における各種のビーム駆動効果²⁻³の計算では高速イオンの荷電交換損失が無視できない。高速イオン減速速度分布関数を求める各種の数値シミュレーション技法に荷電交換損失を取り入れる事は可能であろうが、そのような計算への入力である三次元実空間における中性粒子分布の実験的計測は不可能である。一方、実空間分解された形で高速イオン速度分布の計測としてFIDA(Fast Ion D-Alpha)¹が各種ステラレータ/ヘリオトロン型装置でも利用されるようになってきており、これを荷電交換損失の計測として用いる事が考えられる。高速イオンのドリフト運動論的方程式に荷電交換損失項が入る事によりその解の五次元位相空間構造に如何なる変化が起こるかは自明な事では無い。しかしHeliotron-JやCFQSにおける接線NBIにけるターゲットプラズマへの運動量入力計算に必要なLegendre オーダー一次の磁気面平均成分を固有関数法で求めた文献[3]の理論式や、非等方圧力MHD平衡状態の検討に必要なLegendre オーダー二次の磁気面平均成分を随伴方程式法で求めた文献[4]の理論式では、荷電交換損失項はそれが無い計算のピッチ角空間構造は基本的には変えずエネルギー空間構造に中性粒子密度の関数たる減衰率がかかる

$$\bar{f}_f(s, \theta, \xi, v, \xi) = \frac{\mathcal{W}(v)}{\mathcal{W}(v_b)} \bar{f}_f^{\text{w/o CX loss}}(s, \theta, \xi, v, \xi)$$

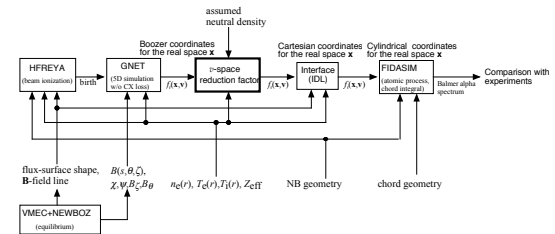
という変化である事が示せる。ここで

$$\ln \mathcal{W}(v) = \int \frac{v^2}{v^2 v_{Te} (3\sqrt{\pi}/2) G(x_e) + v_c^3} \frac{\tau_s}{\tau_{cx}(v)} dv$$

である。加熱パワー計算に必要なLegendre オーダー零次の磁気面平均成分も同様である。荷電

交換損失の時定数 $\tau_{cx}(v)$ は一般には磁気面量である事は保証できないが、接線NBIにおける減速速度分布関数の主要成分を形成する周回軌道に対する磁気面平均効果の評価のために磁気面量とした。そこで図のようなFIDASIM¹計算手順で得たバルマー α スペクトルと実験における実測スペクトルの比較をこの減衰率を知る手段として用いる事が考えられる。高速イオンに駆動される諸現象の計算²⁻³はこの減衰率を取り入れて行われるべきである。

ポスターではHeliotron-Jにおける観測スペクトルやFIDASIM実行例を紹介する。



- [1] W.W.Heidbrink, D.Liu, Y.Luo, E.Ruskov, and B.Geiger, Commun.Comput.Phys.**10**, 716 (2011)
- [2] K.Nishioka, Y.Nakamura, S.Nishimura, H.Y.Lee, S.Kobayashi, et al., Phys. Plasmas **23**, 032511 (2016)
- [3] S. Nishimura, Y. Nakamura, and K. Nishioka, Phys. Plasmas **22**, 092505 (2015)
- [4] S.Nishimura, Phys.Plasmas **25**, 042509 (2018)