

負イオン静電加速器における電極熱負荷の解析

日本原子力研究開発機構 (JAEA) 水野 貴敏

トカマク型核融合炉では1億度以上の高温水素プラズマ(炉心プラズマ)を磁場の籠で閉じ込めて核融合反応を起こす。炉心プラズマの加熱及び定常維持のための電流駆動を行うには外部からのエネルギー供給が必要であり、主に中性粒子入射装置(NBI)が用いられる。NBIは負イオン静電加速器により高パワー負イオンビームを生成し、それを中性化して炉心プラズマに入射する装置である。国際熱核融合炉(ITER)のNBIでは一基当たり16.7 MWの高パワー中性粒子ビームの入射が要求されている。そのために1 MeV、40 Aの大電流負イオンビームを最大3,600 sに渡り安定に生成する負イオン静電加速器が必要となる。日本原子力研究開発機構(JAEA)では、ITER NBIに向けて1 MeV負イオン加速器の開発研究を行っている。

図1に示すように、負イオン静電加速器内には負イオン源から流出した水素ガスが残留し、加速途中の負イオンとこの残留水素ガスとの衝突により負イオンの中性化反応或いは水素ガスの電離反応が起こり、剥離電子や水素原子、水素正イオンが発生する。また、負イオンやこれら二次粒子が電極に衝突すると、電極から二次電子が放出される。加速器内の電極には、負イオンビームの衝突に加え、これら二次粒子(剥離電子、水素原子、水素正イオン、二次電子)も衝突し、熱負荷を増大させる。大電流高エネルギー負イオンビーム加速を実現するためには、この電極熱負荷を低減することが重要な課題の一つである。

そこで本研究では加速器内の複雑な二次粒子挙動を解明し、二次粒子による電極熱負荷を低減することを目的とする。加速器内の二次粒子挙動を解明するため、EAMCCコードと呼ばれる粒子軌道計算コードが仏・カダラッシュ研により開発された[1]。EAMCCコードでは初めに加速される負イオンの軌道が計算され、続いて負イオンと残留水素ガスや電極との衝突点で発生する二次粒子の軌道が計算される。負イオンと残留ガスとの衝突及び粒子の電極での反射、電極からの二次電子放出はモンテカルロ法により確率的に扱われる。

これまでにEAMCCコードにより加速器内の二次粒子挙動の解析を行い、電極熱負荷の主要な原因となることを明らかにしてきた[2]。今回、電極熱負荷の低減に最適な電極形状の検討を行った。本講演では、その検討結果について報告する。

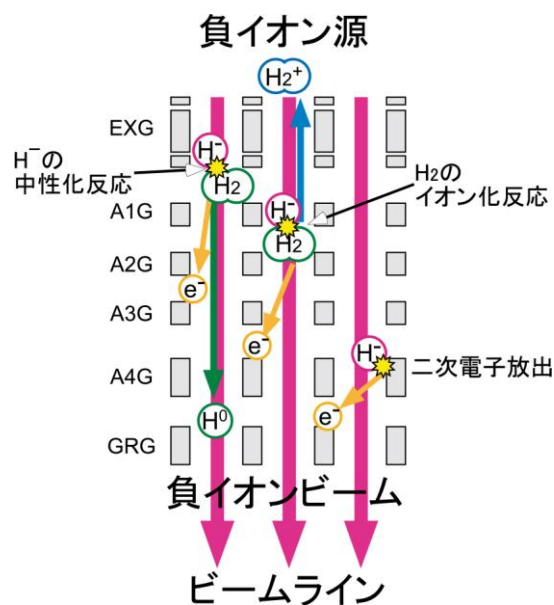


Fig. 1 二次粒子の発生機構

[1] G. Fubiani, *et al.*, Phys. Rev. ST Accel. Beams **11**, 014202 (2008).

[2] T. Mizuno, *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **81**, 02B103 (2010).