【P-08】

KAIST-KBSI ICRH 추진기에서의 자기 노즐의 설계

이태상, 최원호
한국과학기술원 물리학과 방전물리 실험실

자기노즐은 플라즈마 추진을 위한 추력을 만들기 위하여 플라즈마의 압력을 방향성을 가진 흐름으로 전환하기 위하여 사용된다. 자기장으로부터의 입자의 흐름의 분리는 높은 방향성을 가져야 하며, 그렇지 않은 경우 추진 효율은 매우 낮게 된다.

자기장 구조가 플라즈마의 분리에 주는 영향을 연구하기 위하여 연속적으로 자기장의 곡률을 조절할 수 있는 새로운 형태의 자기 노즐을 설계하였다. 반경이 작은 코일과 큰 코일에 서로 반대 방향의 전류를 갖게 하였으며 큰 반경의 전류의 세기로 자기곡률을 조절하도록 설계하였다.

플라즈마의 분리는 기본적으로 이온의 관성과 자기장에 구속된 전자 사이의 상호작용에 의한 것으로 볼 수 있다. 먼저 입자의 궤적을 살펴 보기 위하여 사이클로트론 반경이 플라즈마 볼륨보다 작은 이온들에 대한 궤적 계산하였으며 그 결과 이온은 자기장으로부터 매우 높은 방향성을 가지고 분리되는 것을 알 수 있었고 축방향의 속도, 자기 모멘트 등의 계산을 통하여 분리영역등을 조사하였으며 이를 이용하여 실험을 위하여 필요한 진공용기의 크기 등을 결정하였다.

이온들이 자기력선으로부터 분리되기 어려운 것은 사이클로트론 운동에 의한 것이 아니라 전자들과 이온들 사이에 발생하는 반경방향의 양쪽극 전기장(Ambipolar electric field)에 의한 것으로 볼 수 있다. 따라서 이러한 양쪽극 전기장에 의한 효과를 고려하기 위하여 플라즈마 유체 모델 및 입자 전산 모사 코드를 사용하였다. 유체 모델에 의한 궤적 계산 결과 양쪽극 전기장에 의한 구속이 이온의 궤적에 비하여 매우 큼을 알 수 있었고 입자 전산 모사 코드의 계산에서도 플라즈마의 초기 유속이 작은 경우 비슷한 결과가 나옴을 알 수 있었다. 하지만 새로운 타입의 노즐을 이용한 입자 전산 모사 결과 축방향의 큰 방향성을 가진 플라즈마 흐름을 관찰할 수 있었다. 따라서 설계된 자기노즐이 플라즈마 추진 목적에 적합한 자기장 구조를 가질 것으로 기대하고 있다.