



KSTAR 세계 최초 초전도 핵융합 장치 H-모드 달성 성공

올해 세 번째로 플라즈마 발생 실험을 마친 KSTAR가 초전도 핵융합 장치로서는 세계 최초로 고성능 밀폐상태인 H-모드를 달성했다. 매년 향상된 성능으로 ITER 선형연구장치로서 가능성을 확인했던 KSTAR는 10월에 개최된 핵융합에너지컨퍼런스(FEC)에서의 성과 발표에 이어 이번에 H-모드 및 D형 플라즈마 제어 달성 소식을 알림으로써 또다시 세계 핵융합계에 새로운 놀라움을 선사하고 있다.

플라즈마 밀폐성능 2배, H-모드 구현

KSTAR운영사업단은 ‘한국의 태양’이라 불리는 KSTAR가 지난 11월 핵융합 플라즈마 캠페인을 통해 초전도 핵융합 장치로서는 세계 최초로 고성능 플라즈마 밀폐 상태인 H-모드를 달성하였다고 밝혔다. H-모드(High-confinement Mode)란 토카막형 핵융합 장치의 운전에 있어 특정 조건하에서 플라즈마 밀폐성능이 약 2배로 증가하는 현상으로서, 1982년 독일의 ASDEX 장치에서 처음 측정되어 알려졌으며, H-모드의 구현은 핵융합 장치의 우수한 운전 성능을 의미한다.

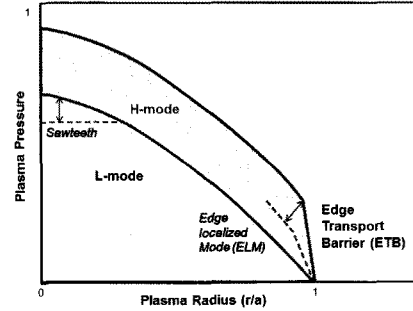


그림 1. H-모드에서의 플라즈마 압력의 분포. 주로 플라즈마 경계면에서 압력변화가 크다.

High-confinement Mode

H-모드는 핵융합 연구장치의 동일한 조건하에서 플라즈마 밀도, 온도 등이 급격히 증가하고 내부 저장에너지가 증가하는 것을 의미

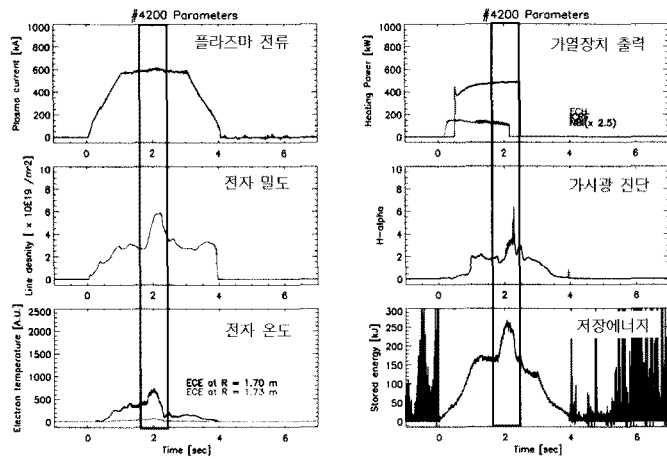


그림 2. KSTAR 운전 중 약 2초 무렵에 H 모드가 발생에 따른 진단데이터의 변화



현재 핵융합 연구장치에서 대표적인 운전 모드로 연구되고 있는 H-모드는 핵융합 연구장치의 동일한 조건하에서 플라즈마 밀도, 온도 등이 급격히 증가하고 내부 저장에너지가 증가하는 것을 의미하며 KSTAR는 이를 당초 계획보다 1년 앞서 달성함으로써 장치의 우수성을 다시 한 번 입증하였다. 또한 향후 H-모드 운전을 목표로 하고 있는 ITER 장치의 선형 연구장치로서의 가치를 재확인하고, 미래 핵융합 에너지 실현을 위한 큰 걸음을 내딛은 것으로 세계 핵융합 연구계는 평가하고 있다.

D형 플라즈마 제어 달성

D형 플라즈마 제어 달성으로 목표 이상의 성과 거둬

KSTAR는 지난 6월, 플라즈마 대향장치와 제어코일을 비롯한 진공용기 내부 장치 및 가열장치 등 부대장치의 성능 고도화를 마치고 세 번째 캠페인을 시작하여 9월부터 약 2개월간 플라즈마 실험을 진행해왔다. 지난해에 이어 국내외 공동실험으로 진행되어 온 KSTAR의 핵융합플라즈마 실험은 H-모드 달성 이외에도 핵융합 반응을 통한 중성자 검출 및 D형 플라즈마 제어를 달성하는 등 당초의 목표 성능 이상의 결과를 가져왔다.

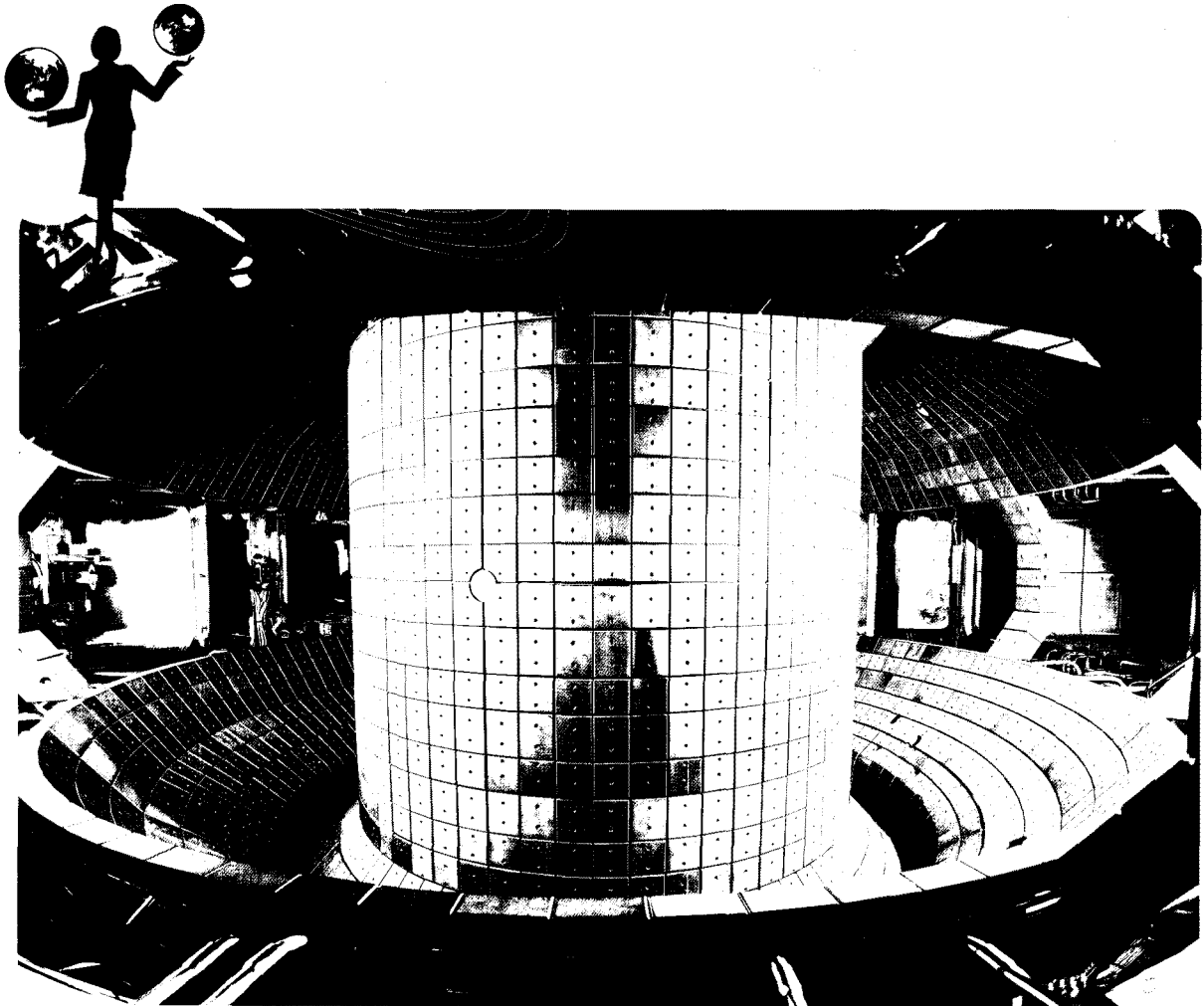


사진 1. 진공용기 내부 형상

D형 플라즈마는 2009년까지 발생시켰던 원형 플라즈마와 달리 고성능 플라즈마를 발생·유지 시킬 수 있는 조건으로 H-모드 운전을 위해 필요한 플라즈마 형태이자 토카막 플라즈마의 가장 안정된 형태이다. KSTAR 운영사업단은 플라즈마를 가두는 초전도 자석의 제어와 더불어 진공용기 내에 새롭게 설치된 고속 제어 코일을 활용한 플라즈마 정밀 제어를 통해 D형 플라즈마 발생에 성공하였다. KSTAR는 2008년 최초 플라즈마 발생 성공(플라즈마 전류 133kA, 플라즈마 지속시간 0.249초) 이후 2009년 플라즈마 전류 320kA, 3.6초 유지에 성공하는 등 매년 향상된 장치 성능 결과를 발표해왔다. 금년도 실험을 통한 플라즈마 성능 역시 최고 약 720kA의 플라즈마 전류로 최장 약 6.7초의 안정적인 운전을 달성하여 올해 초에 세웠던 목표를 초과 달성하게 되었다.

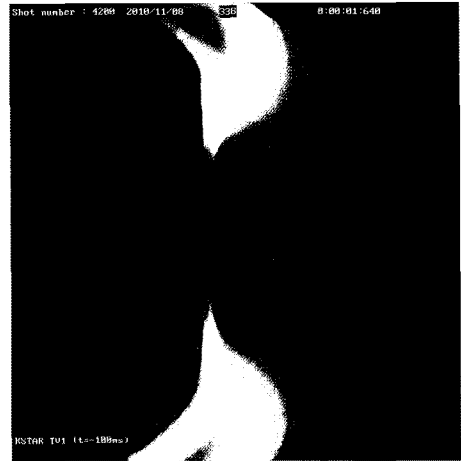


사진 2. 진공용기 내 발생한 D형의 플라즈마 형상

H-mode High-confinement Mode

최고 약 720kA의 플라즈마 전류로
최장 약 6.7초의 안정적인 운전을 달성하여
올해 초에 세웠던 목표를 초과 달성

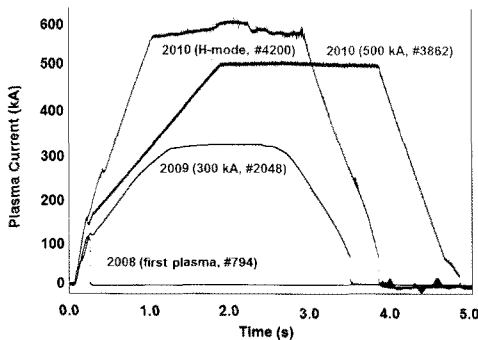


그림 3. KSTAR 운전에 따른 연도별 플라즈마 전류의 크기 변화

또한 국내기술력으로 제작한 플라즈마 가열장치인 중성입자빔 가열장치(NBI)의 첫 가동을 통해 약 1.4MW급의 중성입자빔을 플라즈마에 입사하여 이온 온도를 2,000만°C(2keV)까지 올림으로써 중수소 핵융합 반응에 의한 고속 중성자(2.45MeV)를 검출하였다. 국가핵융합연구소의 이경수 소장은 “지난 10월 대전에서 열린 세계 최대 규모의 핵융합 학회인 FEC(국제 핵융합에너지 컨퍼런스)에서 핵융합 반응을 통한 중성자 검출 결과 등 KSTAR의 성과를 발표한 이후 국제적인 관심과 찬사가 지속되는 가운데, 이번 H-모드 달성은 ITER 기구를 비롯한 세계 핵융합 계에 또 다른 놀라움과 활력을 안겨 준 결과이다.”라고 말했다. NFRI