



전기시사용어 해설

# Smart 특특

## 차세대 초전도 핵융합 연구 장치 KSTAR(Korea Superconducting Tokamak Advanced Research)

### 1. 개요

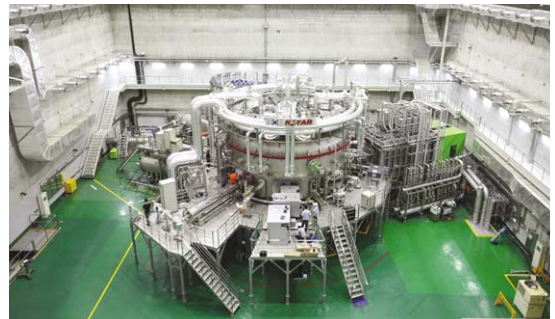
- **21세기 핵융합에너지 상용화 선도** 우리나라는 핵융합 원천기술을 확보하고, 21세기 핵융합에너지 상용화를 선도하기 위해 가장 진보된 형태의 핵융합장치인 차세대 초전도 핵융합 연구 장치 KSTAR(Korea Superconducting Tokamak Advanced Research)를 국내 기술로 개발·제작했다. 우리나라가 에너지 강국으로 발전할 수 있는 기반이 될 KSTAR는 2007년 9월 건설되어 종합 시운전을 거쳤고, 2008년 7월 최초 플라즈마 발생을 선언하면서 본격적인 운영단계에 들어섰다. KSTAR는 국제핵융합실험로 ITER의 약 25분의 1 규모로, ITER 완공 때까지 ITER 건설 및 운영에 필요한 기초실험 기술 자료를 상호보완적으로 제공하며, 한국형 핵융합실증로 건설에 필요한 독자적 연구를 수행하게 된다.
- **KSTAR 건설개발 사업 및 운영 사업 추진 현황**

**KSTAR 건설사업**

- 기 간 : 1995.12 ~ 2007.8 (11년 8개월)
- 예 산 : 3,090억 원(정부2,667억 원)
- 주요내용 : 장치 개념·공학설계 및 기반기술 R&D, 인프라 구축, 장치 제작·조립·설치  
※ 2008년 이후 KSTAR 운영을 통한 본격적인 핵융합 연구 착수

### 2. 건설단계 연구 성과

- **핵융합장치 건설 핵심기술 독자확보** 우리나라는 설계, 개발, 제작까지 KSTAR의 전 과정을 순수자체 기술로 개발했다. KSTAR 건설을 통해 세계 최고 성능의 초전도자석 제작기술을 보유하게 되는 등 건설기간 동안 핵융합 관련 10대 원천기술을 획득하며, 단기간에 연구 주도국으로 성장할 수 있었다.
- **국제핵융합실험로(ITER) 공동개발 합류** KSTAR 개발을 통해 핵융합기술의 우수성을 인정받은 우리나라는 핵융합 상용화 가능성을 최종 검증하게 되는 국제공동프로젝트인 ITER에 참여할 수 있게 되었다. 특히 KSTAR에 사용된 신소재 초전도체 (Nb<sub>3</sub>Sn)는 ITER에 사용되는 것과 같은 것으로 현재까지 모든 초전도 자석이 Nb<sub>3</sub>Sn으로 만들어진 핵융합 장치는 KSTAR가 유일하다. 때문에 KSTAR는 ITER의 축소판으로 불리며 ITER의 본격적인 운영 전에 사전 시험장치로 활용될 것으로 기대된다.



- **전략적 국제협력 통한 자원한계의 극복** 미국(1996. 6), 일본(2004. 11), EU(2006.11) 등과 국가 간 협력약정을 체결해 현물 유치(미국 2600만 달러규모), 부대장치(일본 2000만 달러) 공동개발 등 실질적 성과를 획득했다.
- **핵융합실증로 및 상용 핵융합 건설을 위한 기술자료 축적** 우리나라는 KSTAR 장치 건설과정에서 파생된 기술문서 1,165여건, 학술지 400여건(SCI급 250여건), 특허출원 91건(국내87건, 해외4건), 특허등록 46건(국내42건, 해외4건) 등을 D/B로 구축했다(2008.1월 기준). 이 자료는 향후 한국형 실증로 및 상용핵융합로 건설을 위한 기준서로 활용된다.

### 3. 단계별 운영 계획

제1단계 (2008 ~ 2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 종합 시운전 완료 및 최초 플라즈마 발생 달성</li> <li>• 초전도핵융합장치의 안정적 운전 및 제어기술 확보</li> <li>• 국제 경쟁력 있는 운전성능 달성 (H-모드, D형상)</li> <li>• 국내외 공동실험운전 체제 확립</li> </ul>
제2단계 (2013 ~ 2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장시간 운전 및 제어기술 확보</li> <li>• H-모드 (고밀폐조건) 플라즈마 운전 안정화</li> <li>• AT-모드 (첨단밀폐조건) 운전제어 기술개발</li> <li>• ITER 건설 완공 전 Pilot 역할 수행</li> </ul>
제3단계 (2018 ~ 2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고성능 운전기술 확보</li> <li>• ITER 이후 실증로(DEMO)용 고성능 시나리오 연구</li> <li>• 초전도 토카막을 활용한 극한운전 기술 확보</li> </ul>
제4단계 (2023 ~ 2025)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DEMO 선행기술 시험</li> <li>• DEMO 시뮬레이터</li> <li>• 핵융합로 재료 시험</li> </ul>

### 4. 운영 기대효과

- **초전도핵융합장치 운영의 핵심기술 개발** KSTAR는 기존 핵융합장치들이 해결할 수 없었던 핵융합 상용화를 위한 필수 과제인 '장시간 핵융합 플라즈마 운전' 과 '제어기술 습득' 을 목적으로 하는 중요한 장치로 ITER 가동 전까지 세계 핵융합 연구 선도
- **핵융합 기초연구 및 공동연구의 중심장치로 활용** 핵융합 기초연구를 통한 선진국 수준의 연구역량을 지속적으로 강화하고 장치운전 및 R&D 전문 인력 양성. 또한 고효율 플라즈마의 장시간 운전기술을 확보하고 불랑켓 등 재료의 특성연구를 수행해 핵융합 발전로의 핵심기술 개발
- **국제협력 통한 선진기술 조기 습득과 운영비용 절감** ITER와 건설단계에서 Pilot 장치로 선행연구를 수행하고, 운영단계에서는 높은 기동성을 활용해 Satellite 역할 수행. 또한 미국, 일본, EU 등 해외의 공동 투자를 적극 유치해 성능향상, 국제 공동운영 등 KSTAR 장치의 효율성 극대화
- **부대장치의 단계적 성능향상을 통한 운전기술 고도화** KSTAR 중장기 운영계획을 수립하고, 단계별로 성능향상 및 연구 능력 수월성 확보를 위한 목표를 마련, 2040년대 한국형 핵융합발전소 건설을 위한 견인차 역할 기대
- **기후변화와 화석연료 고갈에 대비한 중장기 전략기술 옵션 확보** 에너지 공급체계에 혁신적인 변화를 가져올 수 있는 기술로서 중장기적으로 기후변화 대응을 위한 저탄소에너지시스템 구축과 화석연료의 고갈에 대비한 에너지 안보 강화에 커다란 기여 가능 KEA