

## 삼중수소 핵융합 연료주기

정홍석, 구대서, 김용규, 이재은  
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045  
[hschung@kaeri.re.kr](mailto:hschung@kaeri.re.kr)

우리나라는 1983년 이래로 월성원자력발전소를 가동하고 있다. 월성원자력발전소는 현재 총4기의 중수로형 원전으로 운전되고 있다. 중수로에서는 주로 중수와 중성자의 핵반응으로 삼중수소가 생성된다. 이 삼중수소는 반감기 12.3년의 방사성폐기물이지만, 동시에 핵융합연료인 소중한 자원이다. 우리나라의 경우 이터 참여국 중 최대의 산업용 삼중수소 생산국이다. 이에 본 연구에서는 삼중수소 핵융합연료주기 기술을 고찰해 보고자 한다.

핵융합을 일으키는 삼중수소는 TRF (삼중수소 제거 설비) 등에서 생산된다. 우리나라는 이터 참여국 (한국, 미국, 중국, EU, 일본, 러시아, 인도) 중 유일하게 TRF를 가지고 있다. 우리나라의 TRF는 월성원자력발전소 종사자의 피폭 저감 및 원전 환경 보호를 위해 2007년 7월 이래로 가동 되고 있다[1]. 월성 TRF는 53개월의 건설기간을 거쳐 운전되게 되었다. 중수에 포함된 극소량의 삼중수 (tritiated heavy water)는 중수소와 백금 촉매 반응을 통해 촉매공정에서 탈삼중수소화 된다. 삼중수소화 중수소 (tritiated deuterium)는 초저온류공정에서 중수소와 삼중수소로 분리된다. 삼중수소는 티타늄에 안전하게 고정화 되어 저장된다. 이 때 중수소는 다시 촉매공정으로, 중수는 원자로로 재순환된다.

필요 시 TRF의 삼중수소는 운반용기에 담겨 핵융합연료주기 사이트로 이동될 수 있다. 한국원자력연구원은 500kCi급 삼중수소 운반용기를 개발하여 교육과학기술부로부터 방사성물질 등 운반용기 설계승인서를 받은 바 있다[2]. 이 설계승인서는 2014년까지 유효하다. 운반용기의 개략도는 그림 1과 같으며, 9m 낙하시험, 800℃ 30분간에 걸친 화재시험 및 침수시험 등의 일련의 절차와 헬륨 리크 테스트에 따른 방사능 누출 안전 결과 등의 상세한 내용은 참고문헌에 수록된 바와 같다[3].

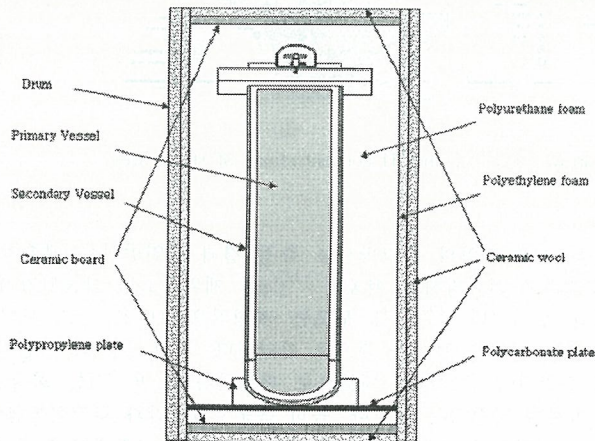


Fig. 1. Schematic diagram of a 500 kCi BU-type transport container[3]

운반된 삼중수소는 로딩 과정을 거쳐 삼중수소 저장공급용기로 이송된다. 삼중수소 저장공급용기는 ZrCo를 저장재로 사용하고 있으며, 필요 시 350℃로 가열하여 삼중수소를 연료공급시스템으로 전송한다. 삼중수소 저장공급용기는 그림 2와 같이 자체 내에 헬륨 루프를 내장하고 있으며, 이는 인베드 열량 측정으로 삼중수소 재고 파악에 사용된다. 삼중수소 저장공급용기의 구조와 기능 및 관련 인터페이스는 참고문헌에 기술된 바와 같다[4].

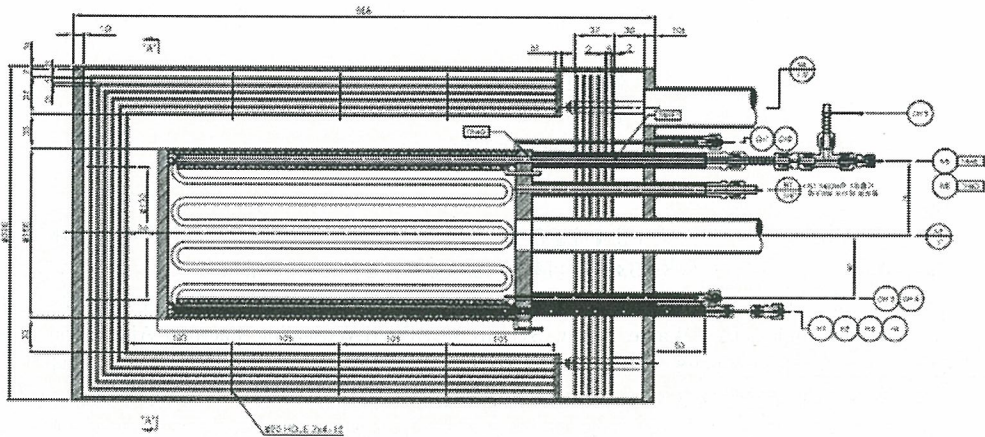


Fig. 2. Horizontal cross-section of a tritium storage and delivery bed.[4]

삼중수소는 연료공급시스템에서 펠릿화 하여 토카막으로 공급된다. 연소 후 가스는 Torus cryo pump를 거쳐 토카막 배기체 처리공정에서 불순물이 제거 정화 된다. 순수한 수소동위원소는 동위원소 분리공정에서 삼중수소, 중수소, 그리고 수소로 분리된다. 삼중수소와 중수소는 다시 저장공급공정으로 순환되어 핵융합연료주기를 형성하게 된다. 핵융합로에서 발생한 삼중수는 촉매전해복합공정에서 처리되며, 여기서 발생한 수소동위원소는 상기 동위원소 분리공정에서 처리된다. 대개 상용핵융합발전소의 경우, 삼중수소 총재고량이 약 15kg에 달할 것으로 평가 되고 있으며, 우리나라의 삼중수소 기술의 핵융합연료주기 개발에 향후 기여가 기대된다.

감사

본 논문은 교육과학기술부의 국제핵융합실험로(ITER) 공동개발사업 지원으로 작성되었음.

참고문헌

[1] H. Chung et al., KOREA'S ACTIVITIES FOR THE DEVELOPMENT OF ITER TRITIUM STORAGE AND DELIVERY SYSTEMS, Fusion Science & Technology, 54, 18-21 (2008)  
 [2] 교육과학기술부, 방사성물질 등 운반용기 설계승인서, ROK/0024/BU-96(Rev.1) (2009)  
 [3] H. Chung et al., Development of a 500 kCi BU-type Transport Container, Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Supplement 5, p. 132 - 134 (2008)  
 [4] H. Chung, et al., Korea's progress on the ITER tritium systems, Fusion Eng. Des. (2009), doi:10.1016/j.fusengdes.2009.01.073 (2009)