

KSTAR의 방사선안전관리 소개 및 향후계획

김희수 · 김정수 · 나훈균
국가핵융합연구소
E-mail:hskim21@nfri.re.kr

중심어 : KSTAR, 플라즈마, ITER, 방사선안전관리, 방사성핵종

서 론

국가핵융합연구소는 미래형 신에너지 기술개발 및 안전하고 깨끗하면서 쉽게 얻을 수 있는 대용량 에너지원 확보를 위한 국내 유일의 핵융합 전문 연구 기관으로 세계 최고 수준의 핵융합연구장치인 KSTAR를 순수 국내기술로 개발하여 최초 플라즈마 발생에 성공함으로써 장치 성능을 확인함은 물론 핵융합 상용화를 향한 힘찬 발걸음을 내딛고 있다.

아울러 국가핵융합연구소는 핵융합에너지 상용화를 위한 공학적 검증을 목표로 세계 7개국 이 수행중인 국제핵융합실험로(ITER) 공동개발사업에 주도적으로 참여하여 21세기 중반 상용핵융합발전소를 건설할 수 있는 핵심기술을 확보하는데 그 목표를 두고 있다.

이러한 목표 달성을 위해서는 방사선안전관리가 매우 중요한 부분을 차지하고 있으며 KSTAR에서 종사하는 연구진 및 관련 기술자의 업무수행에 있어 방사선안전 확보를 위해 방사선 감시기, 배기설비, 배수설비 및 각종 선량계 등을 보유 하고 있다.

여기서는 KSTAR에서 발생하는 방사선(능) 선원에 대한 내용 및 관련 방사선안전관리의 적용과 그 방안에 대해 설명 하고자 한다.

재료 및 방법

KSTAR의 방사선원은 D(중수소)-D(중수소)반응과 D(중수소)-T(삼중수소)반응인데 KSTAR는 핵융합 반응 중 D-D 반응을 실험하게 되지만 D-D 반응

의 산물로서 생성되는 T와 D가 충돌하여 이차적으로 D-T 핵융합 반응도 유발된다.

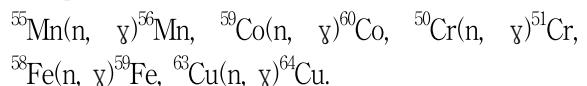
(핵융합반응식 1)



(핵융합반응식 2)



위의 반응식을 볼 때 중성자 2.45MeV와 14.06MeV는 방사선안전관리의 중요한 방사선원이며, 이로 인한 광자(photon) 발생의 주요 반응은 다음과 같다.



다음은 KSTAR에서 발생하는 방사선원 중 배기 및 배수에서 고려해야할 핵종에 대한 것으로 먼저 KSTAR의 실험에 의해 생성되는 공기 중의 방사성 핵종은 ${}^3\text{H}$, ${}^{13}\text{N}$, ${}^{16}\text{N}$, ${}^{40}\text{Cl}$, ${}^{37}\text{S}$, ${}^{41}\text{Ar}$ 등이며 이 중 ${}^3\text{H}$ 을 제외하고는 반감기가 짧다. ${}^3\text{H}$ 의 반감기는 12.3년으로 KSTAR의 D-D 운전시 삼중수소의 방사능량은 220GBq으로 다음 식에서 유도할 수 있다.

$$Q_t = Q_n \times 0.693/T_h \text{ (삼중수소 발생량 공식)}$$

- Q_t : 삼중수소 생성량, Q_n : 중성자 발생량
- T_h : 초단위의 삼중수소 반감기
- 연간 KSTAR 1,000 D-shots과 펄스당 20초 운전시 : 1.2×10^{20} 개의 중성자 발생

KSTAR에서 발생하는 액체방사성핵종은 ${}^3\text{H}$, ${}^8\text{Li}$,

^{10}Be , ^{14}C , ^{16}N 등 총 14가지에 이르며 ^3H 를 제외하고는 발생량이 무시할 만하나, 붕소가 미 포함된 순수를 사용한 경우에 ^3H 역시 무시할 수 있다.

결과 및 고찰

위의 내용처럼 KSTAR에서는 핵융합 반응에 따른 중성자와 광자에 대한 방사선피폭 영향, 공기 중의 방사성핵종 및 수증의 방사성핵종의 관리가 필요하다.

먼저 방사선관리구역 출입구는 중성자의 특성인 산란을 고려하여 미로 구조를 갖도록 콘크리트로 내부 산란벽을 설치하여 종사자의 피폭을 최소화 하였고 중성자와 핵융합실험장치 주변 구조물과 상호반응에 의해 생성될 수 있는 광자는 150cm의 콘크리트 차폐벽을 설치하여 방사선관리구역 외부로 방사선이 누설되지 않도록 하였다. 공기중 방사성핵종의 관리를 위해 Pre-filter 및 HEPA filter를 장착한 배기설비가 설치되어 있고, 방사화가 예상되는 냉각수 설비는 순환식으로 설계되어 오염검사 후 방류할 예정이며, 폐수처리조의 일일 처리용량은 100m^3 이므로 원자력법에서 고시하고 있는 배기 및 배수중의 배출관리기준을 충분히 만족하고 있다.

또한 국가핵융합연구소는 국내 원자력발전소 및 연구형 원자로와 같이 ARM(Area Radiation Monitor)와 ERM(Environmental Radiation Monitor) 그리고 PSI(Personal safety & Interlock System)을 설치하여 운영하고 있으며 RMS의 주요 내용은 Table 1. 과 같다.

Table 1. Area & Environmental Radiation Monitor

Name	Radiation of Detection	Local
ARM-1	Neutron & Gamma	Radiation Control Area
ARM-2	Gamma	Radiation Control Area
ARM-3	Gamma	Radiation Control Area
ARM-4	Neutron & Gamma	No Radiation Control Area
ARM-5	Neutron & Gamma	Radiation Control Area
ERM-1	Neutron & Gamma	No Radiation Control Area
ERM-2	Neutron & Gamma	No Radiation Control Area
ERM-3	Neutron & Gamma	No Radiation Control Area

특히, ERM은 KSTAR을 기준으로 100m, 200m 및 300m 지점에 설치하여 운영하고 있다.

PSI는 ARM과 연동되어 설정치 이상의 방사선량

를 측정시 장치운전 정지를 통해 작업자보호 기능을 수행하며 더불어 방사선안전관리등 기술기준에 대한 규칙에서 정한 장치 사용에 따른 표시장치, 실험실 출입통제, 출입문 개폐에 따른 연동장치 및 비상탈출설비 등의 기능을 수행한다. 방사선작업종사자의 방사선량측정을 위해 종사자 개개인에게 법적선량계를 지급 하였으며, 방사선관리구역내에서 작업 후 개인의 피폭 선량을 즉시, 확인 가능하도록 직독식선량계를 보유하고 있다. 그리고 KSTAR의 형상을 고려해 원거리 방사선량을 측정기 등도 보유함으로써 방사선안전관리에 만전을 기하고 있다.

초기에는 수소를 이용한 플라즈마 방전만을 실시하나 향후 1~2년내에 중수소를 이용한 핵융합반응 실험이 실시되면 중성자의 발생이 시작되며, 이로 인한 방사화에 따른 오염이 예상되는데 관련 시설 및 장비를 보완·확충하여 방사성물질의 환경방출을 최소화 하는데 노력을 기울일 것이다.

결론

KSTAR는 우리나라의 미래형 신 에너지 개발을 위한 시작이며, 깨끗하고 안전한 대용량 에너지원을 확보하기 위해서 우리 세대가 반드시 개발하여 우리의 후손에게 물려줘야 할 책임과 의무중의 하나이다.

그러나 이처럼 중요한 일에도 반드시 수반되어야 하는 것이 방사선안전관리분야으로써 KSTAR에 종사하는 연구진 및 기술자가 마음 놓고 자신들의 업무에 최선을 다 할 수 있도록 방사선안전에 계속적으로 노력할 것이다.

참고 문헌

1. KSTAR 방사선안전 보고서
2. KSTAR 실험동의 출입관리기준 설정을 위한 KSTAR의 방사성물질 생성량 및 오염도 평가, 포항가속기연구소, 2004.
3. 한국원자력안전기술원 방사선안전관리통합정보망
4. 교육과학기술부고시 제 2008-31호 방사선방호 등에 관한 기준고시