

파이로 일관공정 시험시설의 안전조치 이행

송대용*, 노선호, 장영국, 강희석, 이원경, 조일제
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
*dysong@kaeri.re.kr

1. 서론

한국원자력연구원은 공학규모 파이로 공정기술을 검증할 목적으로 건설한 PRIDE (Pyroprocess Integrated inactive DEmonstration facility)를 2014년 8월부터 가동하고 있다. IAEA는 PRIDE를 파이로 안전조치 접근방안을 개발하기 위한 참조시설(reference pyroprocessing facility)로 간주하고, 동 시설을 이용하여 파이로 안전조치 이행 관련기술을 개발하는데 많은 관심과 노력을 기울이고 있다[1]. 이러한 노력의 일환으로, IAEA는 안전조치 장비를 동 시설에 설치하여 시설 운전 정보를 실시간으로 수집함은 물론, 정기적으로 공정시험 기록을 수집하여 분석·평가하고 있다.

PRIDE는 감손우라늄을 사용하는 일관공정 시험 시설로서 사용후핵연료를 사용하는 시설보다 상대적으로 덜 민감한 시설이다. 그러나 PRIDE의 안전조치 이행 결과는 사용후핵연료를 사용하는 파이로 시설의 안전조치성 평가에도 많은 영향을 미칠 수 있다. 이에 따라 한국원자력연구원은 취급하고 있는 핵물질에 비해 다소 과도한 IAEA의 안전조치 관련 요구사항도 적극 수용하여 이행하고 있다. 본 논문에서는 시설 건설 완료 시점부터 2016년 현재까지 수행한 PRIDE의 안전조치 이행 현황에 대하여 소개하고자 한다.

2. 본론

2.1 설계정보서 및 시설부록

한국원자력연구원은 2009년에 PRIDE의 초기 설계정보서를 변환시설에서 분리하여 IAEA에 제출하였고, 2012년도에 PRIDE 건설을 완료한 후 최종 설계정보서를 제출하였다. 이후 시설 운영 일정 및 장비 변경 등의 내용을 반영하여 두 차례에 걸쳐 개정본을 IAEA에 제출하였다. IAEA 시설부록(Facility Attachment)은 2013년에 시설부록 초안을 접수하였고, 2016년에 아축의 검토의견을 반영한 시설부록을 접수하였다.

2.2 핵물질 계량관리

PRIDE는 하나의 물질수지구역(Material Balance Area, MBA)으로 설정되어 있으며, 주요측정지점(Inventory Key Measurement Point, IKMP)은 5개로 구성되어 있다. 주요측정지점별 핵물질 계량은 주로 저울을 이용하며, 아르곤 분위기 하에 있는 주요 공정장비에 잔류하는 용융염내 핵물질 양은 부피측정기(level gauge)와 화학분석 결과를 이용하여 계산한 값을 적용한다[2-4].

2.3 IAEA 사찰 및 안전조치 장비 운영

IAEA는 2012년 시설이 건설 완료된 이후 현재까지 설계정보검증(Design Information Verification; DIV), 중간사찰(Random Interim Inspection; RII, 수시), 물자재고검증(Physical Inventory Verification; PIV, 매년 1회) 등을 포함하여 10여 회에 걸쳐 PRIDE에 대한 사찰활동을 수행하였다. 또한, IAEA는 PRIDE 내 핵물질 이동 및 주요 공정장치의 운전상황을 모니터링하기 위하여 2014년부터 안전조치 장비를 설치하여 운영하고 있다. 장비 설치위치를 보다 세부적으로 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 아르곤 셀로/에서 반입/반출되는 핵물질의 이동을 감시하기 위한 neutron monitor는 LTL (Large Transfer Lock) 옆 1층 천정과 정련장치 및 1층 천정에 각각 설치하였다. 둘째, 전해환원 장치와 전해정련 장치의 운전상황을 모니터링하기 위하여 각 장치에 전기를 공급하는 bus-bar에 Bus-bar monitor를 설치하였다.

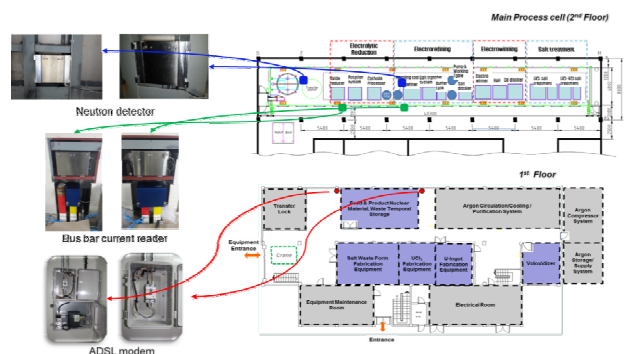


Fig. 1. IAEA Safeguards Equipment(Neutron monitor, Bus-bar monitor, ADSL modem) for PRIDE.

2.4 IAEA 사전보고

한국과 IAEA는 2015년 2월에 개최된 안전조치 실무협의를 통하여 PRIDE 시설운영자인 한국원자력연구원(원자력연구원)이 2015년 3월부터 정기적으로 통합안전조치 사전보고서를 IAEA에 제출하기로 합의하였다. 이에 따라 한국원자력연구원은 2015년 3월부터 PRIDE의 월별 시설운전 계획 및 실적, 분기별 시설운전 실적 자료를 정기적으로 IAEA에 제출하고 있다. 사전보고 내용을 시기별로 요약하면 Table 1과 같다.

Table 1. Advance declarations/operational information for PRIDE

Monthly Advanced Declaration (Mailbox or SC)	Quarterly Declaration and at routine Agency's SG inspections	Annual Advanced Information
<ul style="list-style-type: none"> NM receipt/shipment Start and duration of electro reduction, electro refining, electro-winning and RAR process operation Operational information on molten salt transfer system Change of electrolyte in other process equipment Estimated salt composition in electro-reducer, electro-refiner, electro-winner and RAR vessel Any change* or replacement of Essential Equipment in the Ar cell and/or Glove box in 1st floor <p>* Changing design capacity or throughput</p>	<ul style="list-style-type: none"> General Ledger (at routine SG inspections) Duration of operation of the following processes: electro-reduction, electro-refining, electro-winning and RAR Voltage and current plot for electro-reducer, electro-refiner, electro-winner and RAR vessel (from electrodes) Available salt composition in electro-reducer, electro-refiner and electro-winner and RAR Status of oxidative precipitator (namely any introduction of any other gas, or chemicals) UC₂ production (inventory) U metal ingot production (inventory) 	<ul style="list-style-type: none"> General operational schedule NM receipt and shipments PIT dates List of holidays

3. 결론

본 논문에서는 시설건설 완료 시점부터 2016년 현재까지 수행한 PRIDE의 안전조치 이행 현황에 대하여 소개하였다. 앞서 언급한 바와 같이 PRIDE의 안전조치 이행과 관련한 IAEA의 요구사항은 시설에서 사용하는 핵물질에 비해 상대적으로 과도한 측면이 있다. 그러나 이러한 IAEA의 요구사항을 이행하면서 축적된 경험과 기술은 향후 건설 예정인 파이로 시설의 운영 및 안전조치 이행에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

4. 참고문헌

- [1] 조일제 외, "파이로 일관공정 시험시설(PRIDE) 기술개발 현황", 한국방사성폐기물학회, 2013년 추계학술발표회 논문요약집, pp. 143-144, 2013.
- [2] 송대용 외, "PRIDE 핵물질 재고관리 시스템", 한국방사성폐기물학회 춘계학술대회 논문요약집, pp. 63-64, 2015.
- [3] 송대용 외, "PRIDE 핵물질 재고관리 시스템 설계", 한국방사성폐기물학회 추계학술대회 논문요약집, pp. 111-112, 2014.

- [4] 송대용 외, "PRIDE 시설의 안전조치 시스템", 한국방사성폐기물학회, 2012년 추계학술발표회 논문요약집, pp. 99-100, 2012.