

PRIDE 시설 계통설비 설계

정원명, 조일제, 유길성, 이은표, 홍동희, 구정희, 이원경, 김호동

한국원자력연구원, 대전시 유성구 덕진동 150

wmchoung@kaeri.re.kr

1. 서론

현재 국내에서 연구개발 중에 있는 파이로공정(Pyroprocess)은 원자력발전소에서 연소된 후 인출되는 사용후핵연료의 안전하고 효율적인 관리를 목적으로 개발에 착수하였으며, 누적되는 사용후핵연료의 재고량을 감축하고, 처분대상 폐기물량을 최소화하여 처분장의 활용을 극대화함으로써 처분장의 규모를 줄일 있도록 Cs, Sr 등 관리대상 핵종을 분리 관리하고, 회수된 우라늄과 장반감기 핵종인 TRU 원소는 제4세대 원자로(SFR) 재순환하여 핵변환을 통하여 처분장의 관리기간을 획기적으로 단축할 수 있는 혁신적인 공정으로 기대를 갖고 있다. 또한 민감한 핵종인 Pu의 전용가능성을 원천적으로 배제함으로써 핵확산저항성 측면에서도 유리한 사용후핵연료 건식처리공정이다. 제255차 원자력위원회에서 의결된 '미래 원자력시스템개발 장기 추진계획'에 의해 2016년까지 공학규모 파이로공정 실증을 위한 핫셀시설인 ESPF(Engineering Scale Pyroprocess Facility)의 구축을 목표로 설정하였다. ESPF 구축에 앞서 현재 단위공정별로 개발되는 파이로공정 전체를 연계한 일관공정시험을 통하여 개발되는 공정기술의 신뢰성을 확보하기 위하여 파이로종합공정 Mock-up 시설인 PRIDE (Pyroprocess Integrated DEmonstration facility) 시설을 구축하기로 결정하였으며, 현재 PRIDE 시설의 설계를 완료하고, 건설에 착수하여 건설공사가 진행 중에 있다. 본 연구에서는 건설되는 PRIDE 시설의 설비별 계통설계 및 배치설계 내용을 중심으로 기술하였다.

2. 본론

2.1 PRIDE 시설 개요

PRIDE 시설은 공학규모 실증시설인 ESPF와 동일한 규모의 Cold 시험시설로서, 수천억이 소요되는 ESPF의 건설에 앞서 필수 설계자료 생산 및 설계 최적화를 위한 필수시설로서 운영하기 위하

여 건설되고 있다. PRIDE 시설 내에 설치되는 파이로공정의 처리용량은 연간 최대 10 톤의 우라늄을 처리할 수 있는 규모로 건설되며, 천연우라늄 또는 감손우라늄을 사용하여 국내에서 개발되는 파이로공정의 Cold 시험을 수행하게 된다.

현재 건설 중에 있는 PRIDE 시설에서 공정시험을 수행하게 되는 파이로 일관공정은 모의핵연료 탈피복 및 분말화, 전해환원, 전해정련, 전해제련, 염폐기물 정제/회수 및 고화처리 등 단위공정으로 구성된다. 이 가운데 탈피복 및 분말화공정은 Air 분위기 하에서 처리되며, 대부분의 공정은 산소나 수분이 거의 없는(≤ 50 ppm 이하) Inert 분위기를 요구하므로 아르곤가스 분위기 모의셀 내에서 공정시험을 수행하게 된다.

PRIDE 시설은 파이로공정에서 취급하는 고온의 공정물질의 특성을 고려하여 엄격한 Inert 분위기가 유지되는 핫셀을 모사한 글로브 박스 형태의 대형 모의셀, 원격운전개념과 기밀성이 유지되는 셀장비, 아르곤가스 및 환기 계통설비, 냉각수 계통설비, 전원공급 설비 등으로 구성되며, PRIDE 시설 내에서 비록 조사되지 않은 핵연료 물질만이 취급되지만 원자력시설로서 원자력법에서 규정하는 방사성물질을 안전하게 취급할 수 있는 시설로서 구축된다.

2.2 PRIDE 시설 계통설비

PRIDE 시설에 설치되는 주요 계통설비는 아르곤가스 공급설비, 냉각수 공급설비, 압축공기 공급설비와 전력공급설비 등으로 구성된다.

2.2.1 아르곤가스 시스템

아르곤가스 시스템은 PRIDE 시설의 모의셀 내부에 설치되는 공정장치 특성으로 인해 불활성 분위기를 유지하여야 한다. 이를 위해 아르곤가스 시스템이 설치된다. 아르곤가스 시스템은 액체아르곤 저장(3.5m³) 및 기화설비(300N^m/hr), 냉각(15RTx2) 및 순환설비(6000m³/hr), 정제설비(200N^m/hr, DF 99), 배출설비 등으로 계통을 구성하고, 각 설비 용량을 산정하였다.

2.2.2 냉각수 공급계통

PRIDE 시설의 냉각수는 파이로공정 반응기에 사용하는 가열기로 인한 열과 반응열을 냉각, 제어하기 위해 반응기의 외부 Jacket 또는 기화되는 배기체 중 염을 포집하는 Trap 등에 공급된다. 냉각수 공급계통은 Fig. 2에 표기된 것과 같이 모의셀 내부 냉각수 공급계통과 외부 냉각수 공급계통으로 분리되어 구성되며, 모의셀 내부 냉각수 공급계통은 자흡식 펌프를 사용하여 누설시 냉각수 배관 외부로 물이 누출되어 모의셀의 Inert 분위기를 저해하지 않도록 설계되었다. 냉각수 공급계통은 순환루프(Close Loop)로 구성되며, 냉각기는 용량 20RT Chiller 2기가 설치된다.

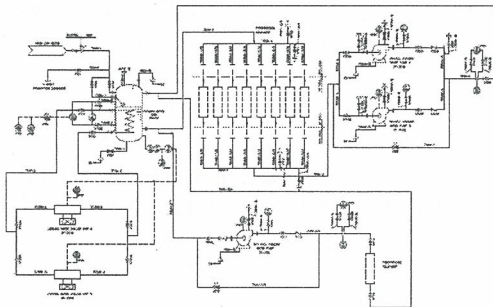


Fig. 1. P&I Diagram for Cooling Water System

2.2.3 전력공급계통

전력공급계통은 고압배전반, 저압배전반, 모터제어반 및 UPS 등으로 구성되며, 전력공급용량은 1150KVA 이다. 고압배전반은 주변전실에서 공급되는 6.6kV 고압전류를 수전하기 고압반과 PRIDE 시설에 설치되는 장비들이 요구하는 전압(440, 220V)으로 변환하기 위한 2개 고압 변압기반으로 구성된다. 저압배전반은 고압배전반에서 PRIDE 시설에 설치되는 장비들이 요구하는 전압(440, 220V)으로 변환된 전원을 용도별로 배전하기 위하여 설치되며, 440V 전원 배전반 1기와 220V 배전반 4기, 그리고 정류기반과 UPS반으로 구성된다. 모터제어반(MCC)은 PRIDE 시설에 설치되는 장비들에 전원을 안전하게 공급하기 위해 설치되는 동력 제어반으로 장비들의 요구하는 전압인 440V, 220V으로 구성되어 용도별로 제어할 수 있도록 설계되었다.

2.3 PRIDE 시설 배치설계

PRIDE 시설은 관리구역과 비관리구역으로 구분되며, 1층 관리구역에는 장비 및 방사성물질의 주

출입구, Ar 시스템, 냉각수와 압축공기 등 유틸리티 공급설비, 모의셀 내에 설치되지 못하는 일부 공정장치가 배치되도록 하였다. 그리고 비관리구역에는 전기실과 일반사무실, 옥외에는 Ar 가스 공급설비가 설치되도록 하는 기본 배치도를 확정하였다. PRIDE 시설 2층은 공정시험 주관구역으로 관리구역 내에 모의셀 및 공정장치와 공정시험을 위한 제어반들이 배치되어 모의셀 내 공정시험이 효율적으로 수행되도록 기존 벽을 2 m 정도 후면으로 이동 배치하였고, 비관리구역에는 출입관리실과 주요 사무실이 배치되어 전반적인 시설 운영, 관리를 위한 인력들을 위한 공간으로 활용될 수 있도록 기본 배치도를 확정하였다. 3층은 대부분의 관리구역은 2층과 연계된 Open 공간이며, 환기설비와 창고를 위한 공간으로 일부 활용되고, 일부 비관리구역은 별도로 옥외 계단을 추가로 설치하여 주로 홍보를 위한 전시실 공간으로 활용하도록 배치설계를 확정하였으며, Fig. 2는 PRIDE 시설 내부 설비 배치를 보여주고 있다.

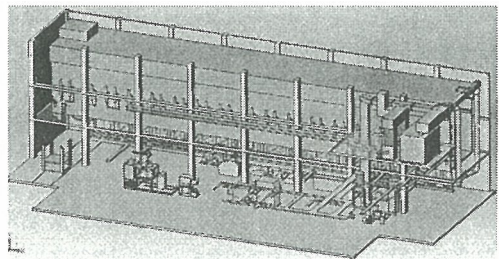


Fig. 2. Cutaway View of PRIDE Facility

3. 결론

파이로공정 Cold Test를 위한 시설로서 PRIDE 시설이 설계를 완료하고, 현재 건설 중에 있으며, 주요 시설로서 핫셀을 모사한 Inert 분위기 대형 모의셀(내부 체적 약 1200m³)과 셀장비, 공정시험 및 시설운영을 위한 계통설비들이 2011년까지 구축될 예정이다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행하였습니다.

5. 참고문헌

[1] 파이로 일관공정 시험시설 (PRIDE) 개념설계보고서, KAERI/TR-3885/2009