

## Pyroprocess 목업에 대한 공정장치 및 유지보수 장비의 설계요건

김성현, 이종광, 박희성, 최창환, 이효직, 박병석  
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지  
 hyun@kaeri.re.kr

### 1. 서론

한국원자력연구원에서는 효율적이고 안전하게 사용후핵연료의 처리방안을 마련하고자, 해마다 누적되어온 사용후핵연료를 감량시키면서 재활용할 수 있는 Pyroprocess 기술을 개발하고 있다. 현재 개발하고 있는 Pyroprocess 기술을 실증하기 위해 모사 핵연료를 이용한 실험을 수행할 수 있는 시험시설이 필요하다. 또한, 공학 규모의 핵심장치들을 일관공정으로 실험할 수 있는 Pyroprocess 목업 시설이 여러 개의 안으로 개념설계를 수행 하였고 기본설계를 위한 설계요건을 도출 중에 있다. 이 목업은 2016년 ESPF(Engineering Scale Pyroprocess Facility) 완성을 위한 기본 설계요건을 확보를 목적으로 하고 있다. 현재 연구원 내에 있는 변환시설은 Pyroprocess 목업의 후보시설로서, 재활용할 목적으로 제염 중에 있으며 시설내에 설치 될 수 있도록 목업의 개념설계를 수행하였다. 본 연구에서는 시설의 개념설계를 바탕으로 시설에 설치될 원격유지보수 장비에 필요한 공간 분석, 유지보수 장비 및 공정장치들에 대한 설계 요건을 도출하였다.

### 2. 유지보수 장비 및 공정장치 설계요건

Pyroprocess 목업시설은 현재 원구원내에 있는 변환시설을 재활용할 목적으로 제염중에 있다. 그림 1과 같이 최종 선택된 개념설계에서 1층은 셀간 이동과 알콘 순환정제, 환기설비 등의 부대 설비를 설치하고 2층은 에어 분위기 및 알콘 분위기 공정셀을 배치하는 개념을 가지고 개념설계를 수행되었다. Pyroprocess 목업 시설의 셀은 내부 기준으로 에어 셀 (14.7(L) x 4.7(W) x 6.3(H)m)과 알콘 셀 (24.7(L) x 4.7(W) x 6.3(H)m)로 나누어져 있다.

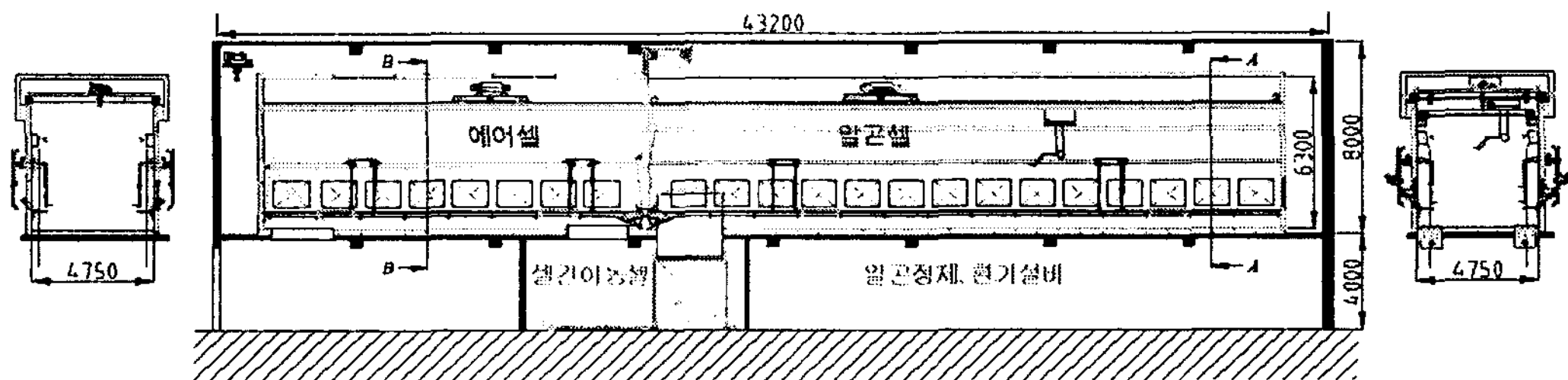


그림 1. Pyroprocess 목업 시설.

Pyroprocess 목업의 개념설계에서 모사 차폐창은 알콘 셀에 28개와 에어 셀에 16개가 설치된다. 따라서 공정장치를 운전하거나 유지보수 할 수 있는 수단으로 창의 개수와 일치된 원격조정기 (Mechanical Master-Slave Manipulaor)가 필요하다. 이 경우 조작기에 대한 예산이 큰 비중을 차지하여 목업의 설치 예산이 크게 증가하기 때문에 소수의 조작기를 설치하는 방안을 검토하였다. 에어 셀에는 이동이 가능한 구조로 설치하고, 알콘 셀은 외부와 기밀을 유지하여야 하기 때문에 에어 셀과 달리 마스터 조작기와 슬레이브 조작기가 분리되는 전기식이고 공간 이동성을 갖는 서보조작기로 구성하였다. 에어 셀에 설치되는 원격조정기는 셀에 설치하기 위해서는 운전구역에서 슬레이브 매니플레이터가 일직선상으로 수평으로 펼쳐진 상태에서 설치되기 때문에 4m 이상의 운전구역을 필요로 한다. 따라서 현재 연구원내 설치될 후보시설의 개념설계에서는 운전구역은 1.4 m 의 폭이어서 원격조정기를 설치할 수 있는 기존방법과 다른 설치방안을 고려해야 한다. 또한 원격조정기 마다 차이는 있지만 원격조정기를 운전할 수 있는 운전공간은 핫셀 벽에서 1.6m

정도이기 때문에 목업의 기본 설계시에 이 요건을 충족해야 한다. 알콘 셀에 설치되는 벽이동형 서보 조작기, 천정이동형 서보 조작기 및 혼합형(두가지 조합)으로 구성할 수 있다. 벽이동형은 기계식 원격조정기를 서보화하여 마스터와 슬레이브가 서로 독립적으로 벽을 이동하는 구조이다. 천정이동형은 이송장치인 트롤리에 텔레스코프를 장착하고, 이의 말단에 회전관절을 갖는 서보조작기를 설치하여 공간상에서 이동한다. 혼합형은 벽이동형과 천정이동형을 조합하여 구성한다. 혼합형은 벽이동형과 천정이동형 서보조작기를 동시에 사용하는 형태로 조작기 간의 간섭이 발생되지 않으므로 동시성 및 확장성 측면에서 유리하며 공정장치의 전면 및 측면부 작업에 유리한 벽이동형과 공정장치의 후면 및 상부작업에 유리한 천정이동형이 서로 보완적인 형태로 작업을 수행할 수 있다. 그림 2와 같이 서보조작기의 설치를 위해 상호간의 교차를 위해 높이가 다르게 설치할 경우에 운전영역은 1.5m 이상을 요구한다.

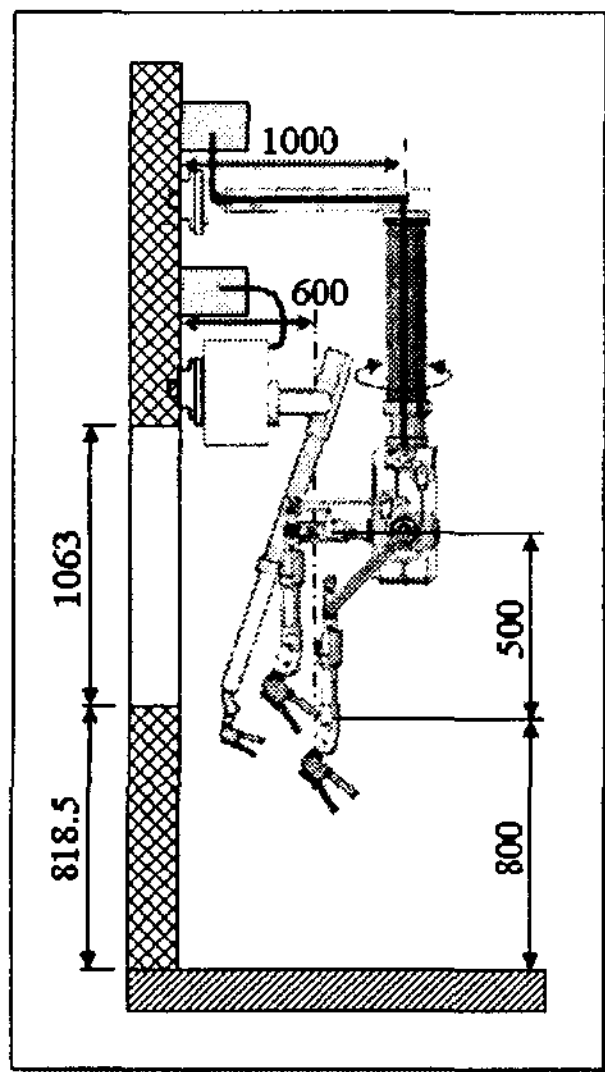


그림 2. 혼합형 마스터 서보조작기의 구성.

에어 셀에서 공정장치를 조작할 수 있는 높이는 원격조정기의 작업영역과 작업자의 시야에 따른 밀접한 관계를 갖는다. 차세대관리종합공정실증시설의 원격조정기로 분석할 경우에 설치된 벽에서의 거리에 따라 접근할 수 있는 높이는 0.5 - 2m이며, 한 쌍의 원격조정기는 좌우로 폭 2.3m를 접근할 수 있으나 작업자의 눈으로 원격 조종을 수행할 때에 원격조작 지점은 1.6m 이하로 공정장치의 설계요건을 요구한다. 알콘 셀에서의 천정이동형 서보조작기가 셀내를 원활하게 움직일 수 있는 공간을 확보하여야 하기 때문에 서보조작기를 최대한 높이 있을 때의 공정장치 높이는 2.5m 이지만 원격조작성은 장치의 설계와 설치위치에 따라 심도 있는 분석을 요구된다. 알콘 셀에 일관공정으로 설치된 각 공정장치는 전후 공정과의 연계된 관계를 공정장치 설계에 반영되어야 하며 장치 설계단계에서 부터 3차원 그래픽 시뮬레이션을 이용한 원격 작업분석 결과를 이용하여 공정장치 설계 개선이 이루어져야 한다.

### 3. 결론

Pyroprocess 목업의 개념설계를 바탕으로 설치될 유지보수 장비의 공간분석을 수행하였고 원격으로 운전 및 유지보수를 위해 필요한 공정 장치의 원격조작 위치에 대한 설계 요건을 분석하였다. 추후에 분석된 설계 요건에 따라 공정장치의 설계 및 서보조작기의 설계에 반영된 결과를 검증하기 위하여 그래픽 시뮬레이션을 이용한 목업에서의 공정장치 배치 및 원격 운전/유지보수성을 심도 있는 검토를 진행할 예정이다.