

## 파이로 공정장치의 원격취급성 사전평가

김기호, 김성현, 유승남, 박병석, 이종광, 한종희, 류동석, 조일제  
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111  
[khkim5@kaeri.re.kr](mailto:khkim5@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

한국원자력연구원에서는 파이로 기술을 개발하기 위한 테스트베드로서 파이로 일관공정 시험시설(PRIDE, PyRoprocess Integrated inactive DEmonstration facility)을 구축하였다. PRIDE는 기밀형 알콘셀로서 가동 중에는 셀 내부로 작업자의 접근이 불가능하기 때문에 셀 안쪽의 모든 작업은 셀에 설치된 원격 취급장치와 부속 원격 공구 들을 이용하여 수행된다. 알콘셀에는 기계식 원격조작기, 전동식 천정이동 양팔 서보조작기, 크레인 등의 원격 취급장치들과 작업 특성에 적합한 여러 개의 부속 원격 취급공구들이 설치되어 있다. 알콘셀에는 전해환원, 전해정련, 전해제련, 염폐기물 공정 등 각 단위공정에 필요한 공학규모의 공정장치가 설치되어 운영된다. 이들 공정장치들은 특성상 모두 원격으로 운전되어야 하며, 또한 고장시 손상된 부품 또는 모듈의 수리 및 교체가 모두 원격으로 가능해야 한다. 공학규모 공정장치들은 부피와 크기 측면에서 셀 안에서 취급하기 어렵기 때문에 셀에 설치하기 전에 이들의 원격 취급성은 미리 검증되어야 한다. 본 논문에서는 제작된 공학규모 파이로 공정장치를 PRIDE 알콘셀에 설치하기 전에 원격취급성 검증목업에서 이들의 원격 취급성 대한 사전 평가 방법과 결과에 대해서 논한다.

### 2. 본론

#### 2.1 파이로 공정장치의 원격취급성 평가 시나리오

PRIDE 알콘셀에 적용하기 위한 공학규모 파이로 공정장치(이하 ‘공정장치’)의 원격취급성은 원격 취급장치 및 공구 등과 같은 원격 수단을 이용하여 공정장치를 원격으로 운전하는데 요구되는 원격 운전성(remote operability)과 고장 시 수리 및 교체에 요구되는 원격 유지보수성(remote maintainability)으로 구분된다. 공정장치는 설계에서부터 제작 및 설치까지 각 단계마다 원격 취급성 관점에서 평가가 이루어지고, 분석 및 개선을 통해 공정장치의 최종 완성도를 향상시킨다. Fig. 1에서 보여 진 바와 같이 공정장치의 설계모델은 시뮬레이터에 구축된 PRIDE 디지털 목업(실측규모 가상 PRIDE 전산모사시스템)에서 원격 취급성이 평가되고, 평가 결과는 설계에 반영되어 재평가하는 반복 과정을 통해 설계의 완성도를 향상시켜 제작된다[1]. 제작된 공정장치의 원격취급성은 원격취급성 검증목업에서 PRIDE 알콘셀에 설치된 동일한 원격취급장치를 이용하여 평가된다. 원격 취급성을 만족한 공정장치는 PRIDE 알콘셀에 배치 및 설치되고, 각 공정장치에 필요한 유틸리티를 연결한 후 현장에서 원격 취급성 평가를 수행한 후 가동된다.

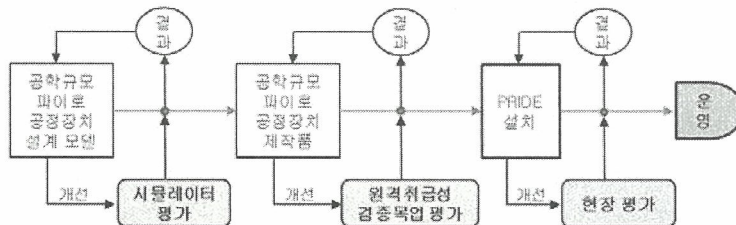


Fig. 1. Evaluation procedures for developing engineering scaled pyroprocess equipment.

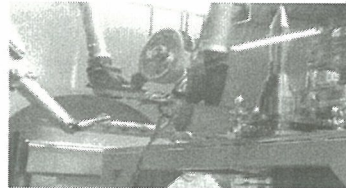
#### 2.2 파이로 공정장치 제작품의 원격취급성 평가

PRIDE 알콘셀에서 수행되는 파이로 일관공정은 4개의 주 공정(전해환원, 전해정련, 전해제련, 염폐기물 공정)으로 이루어지며, 각 단위공정은 몇

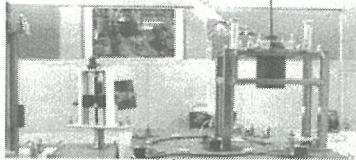
개의 주 및 부속 공정장치로 구성된다. 총 14종의 파이로 공정장치가 제작되었으며, 알콘셀에 설치되기 전에 각 공정장치의 원격성은 원격취급성 검증목업(이하 ‘검증목업’)에서 평가되었다. 검증목업PRIDE 알콘셀에 대비하여 길이만 1/8로 축

척된 목업(동일 폭과 높이를 가진, 공기분위기)으로, 알콘셀에 설치된 동일 사양의 원격취급장치(기계식 원격조작기 2식, 전동식 천정이동 양팔 서보조작기 1식, 2 톤 크레인(알콘셀 3톤) 1식 등)로 구성되어 있다. 검증목업은 알콘셀의 17식의 시각창 중 1식의 시각창에 상응하는 공간적 구조를 갖는다.

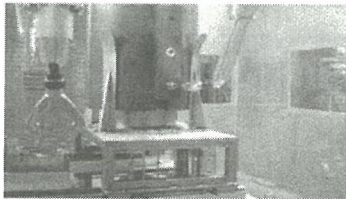
검증목업의 공간적 제한성 때문에 단위공정장치는 개별적으로 평가되었으며, 각 공정장치의 유틸리티(전기, 가스 등) 라인의 위치에 의한 영향은 평가에서 배제되었다. 제작된 공정장치는 검증목업의 안쪽에 설치되고, 평가자는 공정장치의 운전 및 유지보수 절차에 따라서 검증목업에 설치된 원격취급장치를 이용하여 각 공정장치의 원격 운전성과 원격 유지보수성을 평가하였다. Fig. 2는 검증목업에서 각 공정의 일부 단위공정장치의 원격성 평가 절차를 보여준다.



Cathode processor 장치  
a) 전해환원 공정



염이송장치  
b) 전해정련 공정



Cd 증류장치  
c) 전해제련 공정



산화침전장치  
d) 염폐기물 공정

Fig. 2. Evaluation of remote operability and maintainability of pyroprocess equipment at remote handling evaluation mock-up.

### 3. 결론

제작된 공학규모 파이로 공정장치는 PRIDE 알콘셀에 설치되기 전에 원격취급성 검증목업에서 원격 운전성과 유지보수성이 미리 평가되었다. 평가 결과는 개발자에게 전달되어 PRIDE 알콘셀에서 공정장치의 원격 취급성을 향상시키는데 활용되었다. 공정장치의 원격성 향상은 작업자의 육체적 정신적 부담을 경감시키고, 작업자의 안전성과 작업 생산성을 향상시키는데 크게 기여한다.

### 4. 감사의 글

본 연구는 정부가 지원하는 한국연구재단의 원자력기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

### 5. 참고문헌

- [1] K. Kim, *et al.*, "Evaluation of design models of process equipments for use in PRIDE: remote operability and maintainability," Transactions of the Korean nuclear Society Spring Meeting, pp.336-337, 2012.