

## 파이로 일관공정 모사를 위한 공정 시스템 분석

박병홍, 이호희, 고원일

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

bhpark@kaeri.re.kr

### 1. 서론

경수로 사용후핵연료를 대상으로 개발되고 있는 파이로 공정(pyroprocessing)은 누적된 사용후핵연료의 양을 감소시키며 자원으로써 사용후핵연료를 활용하는 한편 기존 습식 기술에 비해 상대적으로 핵확산 저항성이 높은 공정으로 인식되고 있다. 파이로 공정은 여러 단위 공정들로 구성되어 있으며 최근 각 공정의 기술 개발로 일관공정의 구성이 가능한 수준에 이르렀다.

파이로 기술의 일관공정은 상대적으로 소규모인 실험실 규모를 거쳐 상용규모로 확대가 예상되며 이때 전체 구성을 조망할 수 있는 공정 시뮬레이션의 필요성이 부각된다. 본 연구에서는 파이로 일관 공정 시뮬레이션에 앞서 개별 공정들의 특성을 분석하고 공통점과 차이점을 도출하여 향후 시뮬레이션을 위한 기초 고려사항들을 제시하고자한다.

### 2. 본론

#### 2.1 파이로 일관 공정

경수로 사용후핵연료 처리를 위한 파이로 공정의 목적은 원자소에서 조사되어 다양한 화합물로 변화된 산화물 사용후핵연료로부터 유효한 자원을 회수 재활용하여 폐기물 양을 감소시키는 한편 핵확산 저항성을 유지하는 것이다.

이와 같은 목적의 일관공정을 위해 공정 매질로 사용되는 염과 고화체 제조를 위한 화합물 등이 필요하며 파이로 시설의 물질흐름을 단순한 박스로 표현한다면 Fig.1과 같이 나타낼 수 있다.

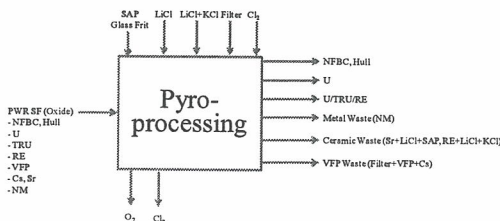


Fig. 1. 파이로 공정 시설 Input&Output 개념도

사용후핵연료 처리 상용 시설은 습식의 경우 800 t/yr 정도 규모의 시설이 가동되고 있다. 파이로 일관 공정 규모 역시 상용시설로 진입을 위해서는 100 t/yr 이상의 규모를 갖추어야 할 것이며 본 연구에서는 400 t/yr를 산정하였다.

#### 2.2 공정 특성 분석

공정 시뮬레이션을 위해서는 각 공정들의 특성을 구분하여 필요한 시뮬레이션 항목을 도출할 필요가 있다. 본 연구에서는 단위공정을 저장시설 vs. 처리장치, 단일모듈장치 vs. 다중모듈장치, 제순환장치, 공정중 추가 도입 장치, 기계공정 vs. 화학공정 등을 기준으로 장치들을 구분하였으며 특성에 따라 일부 장치들은 그룹화하였다.

#### 2.3 SF 해체 공정 분석 (예)

파이로 공정은 다양한 공정들의 연결로 구성되어 있어 지면 관계상 모든 분석결과를 제시할 수 없다. 본 초록에는 예시로 SF 해체 공정에 대한 분석을 제시하였다. SF 해체 공정 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. SF 해체 공정 특성

Purpose	PWR SF disassembling
Type	Process
Module	Single
Separation	O, mechanical
Recycling	X
Additional supplement	X

SF 해체 공정은 SF 연료 집합체를 해체하여 핵연료봉과 NFBC로 기계적 분리를 수행한다. 연간 약 926개 집합체를 처리해야 하여 약 22만개의 연료봉을 인출하며 연간 약 100t의 NFBC를 금속폐기물 제조 장치로 보낸다.

공정장치의 용량과 운전시간 등이 공정 변수가 되며 1개의 장치가 1번에 1개의 집합체를 처리하며 1일 10시간 운전을 기준으로(이 기준 역시 변

수로 취급될 수 있다) 공정을 분석하면 일관 공정 용량을 만족하기 위해서는 Fig. 2와 같은 결과를 얻을 수 있다.

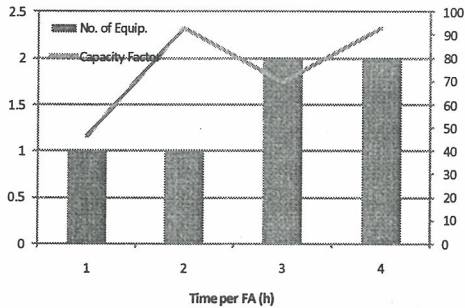


Fig. 2. SF 해체 공정 장치 및 Capacity factor

위 그림에서 나타내는 바와 같이 공정장치에서 집합체를 1 h/FA로 처리한다면 1개의 공정장치가 필요하며 이 때 장치 활용도(capacity factor)는 46.3%가 된다. 처리속도가 늦춰져 3 h/FA인 경우 장치는 2개 필요하며 활용도는 69.4%가 된다. 따라서 시설활용도를 최대화하기 위해서는 주어진 조건에서 SF 해체장치는 2 h/FA의 능력을 지녀야하며 이 때 1개의 장치를 92.6% 활용하여 연간 처리량을 감당할 수 있게 된다.

### 3. 결론

본 연구에서는 파이로 일관 공정 시뮬레이션을 위한 기초 자료로 공정 분석이 수행되었다. 공정의 용량과 처리 속도 등에 대한 활용도를 높이는 조건을 분석하였으며 제시된 조건은 공정 시뮬레이션의 기본 조건으로 활용될 예정이다.

### 4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 중장기 원자력연구개발사업으로 수행되었습니다.