

## 화재 모델링의 PIRT 적용성 검토

지문학 · 김윤중 · 김형택

한국수력원자력(주) 중앙연구원

원전 방화지역의 화재리스크는 존모델 또는 필드모델을 사용하지만 화재 시나리오 또는 현상의 고찰 없이 사용되어온 측면이 있다. 한편 PIRT 기법은 전산코드의 적합성을 평가하고 최신기술과 입력자료의 타당성을 분석하여 우선순위 등급을 선정한다. 따라서 PIRT 기법을 화재모델링 분석에 적용할 경우 화재모델링 분석방법의 개선과 결과 값의 신뢰성을 높일 수 있는 기술로 활용할 수 있다.

### 1. 서론

PIRT는 현상 분석 및 중요도 순위 결정 (Phenomena Identification and Ranking Table)을 의미하는 약어로서 미국 원전규제기관(NRC)이 공학코드의 항목, 적용성, 불확실도 등을 평가하기 위한 방법론으로 만들어졌다. 이 PIRT 기법은 최근 컴퓨터 프로그램을 이용한 분석, 평가 등의 신뢰성과 공학적 활용 가치를 높이기 위하여 다양한 분야에 사용하고 있다.

원자력발전소에서 사용하는 다양한 공학 코드중 화재분야에서는 존모델 또는 필드모델의 화재모델링 프로그램을 사용한다. 화재모델링은 프로그램을 사용하기에 앞서 화재 현상 분석과 시나리오 평가가 매우 중요하다. 이에 따라 본 연구에서는 미국 NRC에서 PIRT 기법을 화재모델링에 활용하기 위한 사례를 활용하여 국내 원전의 화재모델링 PIRT 적용성을 검토하였다.

### 2. PIRT 개요 및 분석 방법

화재모델링의 PIRT 기법은 4단계를 사용한다. 첫 번째 단계는 화재모델링 수행을 위한 현상의 중요도를 결정한다. 즉, 다수의 화재 시나리오 또는 현상에 대하여 중요도를 H(high), M(medium), L(low), U(uncertain)로 판정한다. 두 번째 단계는 첫 번째 단계에서 정의한 현상 또는 시나리오를 화재모델에 의해 실행할 경우 이의 적합성(adequacy)을 판정한다. 화재모델에 의한 분석의 적합성 또는 타당성 확인(verification) 역시 H, M, L, U의 4가지 등급으로 구분한다. 이 경우 H는 기존의 화재모델을 이용하여 적합하게 분석할 수 있음을 의미하며 U는 현재의 화재모델 또는 기술로서 분석이나 평가가 불확실한 상태를 의미한다. 세 번째 단계는 화재모델링 입력자료의 적합성 또는 타당성을 확인하는 절차이다. 이 단계에서 순위는 H, M, L 3 등급을 정한다. 즉, H는 매우 유효한 입력을 의미하며 L은 입력자료가 없거나 유효성이 매우 낮아 불확실도가 큰 자료를 의미한다. 네 번째 단계는 상기 3번째 단계에서 L로 등급이 결정된 입력자료를 새롭게 개발하거나 유효성 검증(validation)을 하기 위한 적합성을 검토한다. 이 단계에서 순위 판정은 H, M, L의 3 종류를 사용하며, H는 자료의 취득이나 개발이 용이함을 의미하며 L은 자료의 유효성 확보에 많은 노력이 필요하다.

#### 가. PIRT 분석을 위한 원전 방화지역 화재 현상 및 시나리오

원전 방화지역의 화재는 가연물 종류와 점화원 특성, 열발생율과 화재전파 현상, 환기의 영향 등 1차적인 화재기본 요소로 현상을 정의할 수 있다. 또한 화재감지와 자동/수동 화재진압 등 설비적인 특성을 화재 현상에 고려하여야 한다. PIRT의 3단계 및 4단계에서는 현상 분석에 대한 프로그램의 타당성과 입력변수의 유효성에 대한 검토가 이루어져야 한다. 이를 고려하여 원전 화재모델링의 PIRT 적용을 위해 고려하여야 할 일반적인 현상과 시나리오는 다음과 같이 대별할 수 있다.

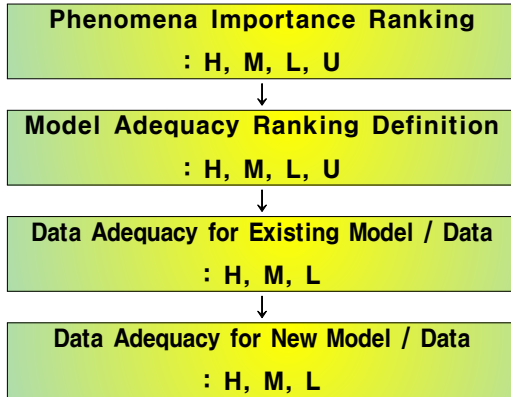


Figure 1. PIRT Application for Fire Modeling

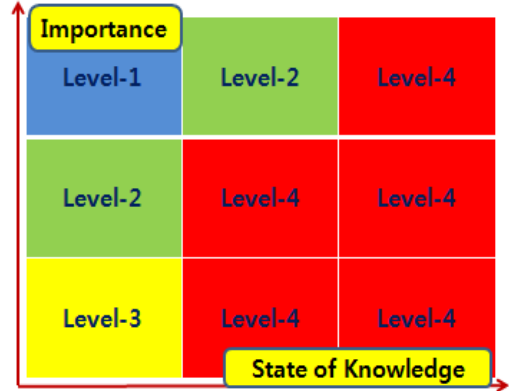


Figure 2. PIRT Level 1, 2, 3, and 4

- 방화지역 화재종류별(일반, 유류, 전기, 캐비닛) 화재진과 행동 및 특성에 대한 분석
- 가연물 지배/환기 지배 화재의 정량화 분석, 연소 생성물 종류와 유독성 특성 및 그 영향
- 화원에 위치에 따른 화염진과 특성 (바닥화재, 케이블 트레이, 캐비닛)
- 방화지역의 설비 특성에 따른 2차 발화, 제연 효과, 공기 유동 특성
- 운전원에 의한 육감 감지의 타당성 및 이에 대한 정량적 해석
- 수동/자동화재진압의 유효성, 대응시간, 제어방법, 고유특성에 대한 정량적 해석도구
- 화재리스크의 정량적 분석을 위한 도구, 프로그램, 공학적 해석방법
- 자동 및 수동화재진압 특성 (소화방식, 헤드 위치, 장애물, 복사열 영향)
- 화재로 인한 건축물 영향 (개구부 확대, 건축물 붕괴, 관통구 영향)

#### 나. PIRT 최종 등급 (1~4 level)

PIRT의 최종적 단계는 전문가들의 중요도 우선순위와 최신기술의 활용성 (적합성, 유효성)에 대한 우선순위를 기준하여 Figure 2와 같이 Level 1~4의 4종류 등급을 선정한다.

- Level-1은 중요도가 높으나 최신기술 활용도가 매우 낮은 현상을 의미한다.
- Level-2는 높은 중요도와 중간 등급 기술수준 또는 중간 등급 중요도와 낮은 기술수준 그룹이다.
- Level-3은 낮은 중요도와 낮은 등급의 기술수준을 갖는 화재 현상이나 시나리오이다.
- Level-4는 중요도와 최신기술 활용도의 다양한 측면을 갖는 현상을 포함한다.

### 3. 결론

원전 방화지역의 화재리스크는 존모델인 CFAST 또는 필드모델인 FDS를 이용하여 국내 학계 및 산업계에 다양하게 활용하고 있다. 그러나 화재 현상이나 시나리오에 의해 분석된 결과가 미치는 영향이나 중요성을 고려하지 않거나 입력변수와 결과 값에 대한 유효성과 타당성을 깊이 고려하지 않고 사용되어온 측면이 있다. 이러한 관점에서 화재모델링의 PIRT 기법 적용은 향후 화재모델링의 유용한 활용과 그 결과 값에 신뢰성을 확보할 수 있는 선진 기술로서 국내 산업계의 많은 관심이 요구된다.

#### 참고문헌

1. NUREG/CR-6978, PIRT exercise for NPP fire modeling application (2008.11)
2. NUREG/CR-7150, JACQUE-Fire, Vol 1, PIRT Exercise for NPP FIECF (2012.10)