

# 신화재 확률론적안전성평가 방법 적용: 정성적 분석 결과

강대일 · 김길유 · 장승철

한국원자력연구원

이 논문에서는 신화재 확률론적 안전성평가 (PSA) 방법 중 정성적 분석 방법을 올진 3호기 원전에 적용한 결과를 기술하였다. 지금까지 대부분의 국내 원전에서는 EPRI 화재 PSA 방법을 이용하여 화재 PSA를 수행해 왔었다. 최근 미국 규제기관과 산업체에서는 신화재 PSA 방법으로 NUREG/CR-6850을 개발하였다. 신화재 PSA 방법을 이용하여 올진 3호기를 정성적으로 분석한 결과 150개의 방화지역 중 75개 지역이 정량적 분석 대상으로 파악되었다. 이는 기존 EPRI 화재 PSA 방법으로 수행한 방화지역 수보다 23개 많았다. 또 화재 PSA 수행을 위한 기기 수는 770여개이고 케이블 수는 6,000여개로 나타났다.

## 1. 서론

지금까지 국내 원자력발전소의 화재 PSA는 미국 전력연구원(EPRI)에서 개발된 fire PRA implementation guide(이하 EPRI 방법)에 따라 수행되어 왔었다. 최근 미국의 NRC와 EPRI에서는 기존 EPRI 화재 PSA 방법론을 개선한 신 화재 PSA 방법인 NUREG/CR-6850을 개발하였다. 이에 본 연구에서는 OPR 1000 원전인 올진 3,4호기에 대해 NUREG/CR-6850의 신화재 PSA 수행 절차에 따라 화재 PSA를 수행하였다. 이번 연구에서는 화재 PSA에서 정성적 분석에 해당되는 화재구역분석과 기기/케이블 선정을 수행하였다.

## 2. 본론

### 2.1 화재구역 분석

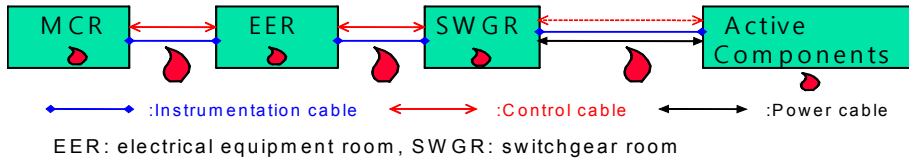
화재구역(fire compartment)의 분석은 화재 PSA 수행을 위해 발전소 전지역에 대해 기본 분석단위를 정의하고 정의된 이들 구역의 물리적 특성과 기능적 특성을 파악하는 것이다. 또한 화재구역에서 화재가 발생하더라도 발전소 정지를 유발하지 않으며 발전소 안전 정지 기능에 영향을 미치지 않는 화재구역을 선별 제거하는 것이다.

올진 3,4 호기는 총 883개의 화재소구역로 되어 있으며, 2시간 이상의 방화지역으로 정의된 지역은 150개이다. 화재 구역과 전파구역 분석시 모든 방화지역에서 화재가 발생한다고 가정하고 운전원에 의한 수동 화재 진압과 자동 소화설비에 의한 화재 진압 가능성은 고려하지 않는 등의 가정을 하였다. 화재 PSA 수행을 위한 분석 대상 기기/케이블과 화재 전파 경로의 존재 유무를 토대로 방화지역을 정성적으로 선별 제거하였다. 정성적 선별시 분석대상 방화지역에는 사고완화기기도 발전소 정지 유발기기도 없다는 등의 기준을 사용하였다.

### 2.2 기기/케이블 선정

화재가 발생되면 화재구역내의 능동기기(active components)는 기능을 상실하거나 오동작(spurious operation)이 되어 초기사건을 유발하거나 사고완화 기능에 영향을 준다. 또한 계측기기의 기능이 상실되거나 잘못된 정보를 운전원에게 제공해 PSA에서 고려된 운전원 행위에

영향을 미칠 수 있다. 그림 1은 화재로 인해 영향받을 수 있는 기기와 케이블들을 나타내고 있다. 선정대상 기기는 전기구동 기기(펌프, 동력구동밸브, 팬, 등), 제어/계측기기와 이들과 관련된 제어/계측 케이블, 전원 케이블 이다.



**Figure 2. Equipment and cables affected by a fire of nuclear power plant**

화재구역에서 발생한 화재에 의해 유발될 수 있는 초기사건과 발전소 사고완화 기능에 영향을 주는 기기와 관련된 케이블을 파악하여 선정하였다. 선정 대상 기기와 케이블에는 다중오동작 (multiple spurious operation)을 유발하는 기기와 케이블도 포함되어 있다. 케이블 선정은 케이블 트레이 도면, 전선관 도면, 케이블 블록다이아그램 (CBD), CABLE ROUTING TABLE 등을 조사하여 케이블 경로분석을 수행하여 화재구역별 케이블들을 파악하고 분석 대상 케이블을 선정하였다.

### 3. 결과와 논의

정성적 선별분석 결과 150개의 방화지역 중 75개의 방화지역이 정성적으로 선별 제거되었고, 정량적 분석 대상지역은 75개로 나타났다. 본 연구에서는 EPRI 방법에 의해 기존 산업체가 분석한 방화지역 수보다 23개가 추가 분석 대상으로 파악되었다. 정량적 분석 방화지역 수가 늘어난 주된 이유는 기존 EPRI 방법에서는 정량적 분석 결과가 중요하지 않다고 판단되는 방화지역은 제외했지만 신화재 PSA 방법에서는 이들 지역을 포함시켰고 다중오동작과 인적오류에 영향을 미치는 계측기 등을 고려했기 때문이다. 본 연구에서 선정된 기기 수는 770여개이고 케이블 수는 6,000여개로 나타났다. EPRI 방법에 의해 기존 산업체가 구축한 화재 PSA 모델에서는 선정기기 수가 300여개로 나타나 분석대상 기기 수가 2배 이상으로 늘어났다. 본 연구에서 선정된 기기수가 기존 산업체에서 선정한 기기수보다 늘어난 이유는 비안전계통의 기기와 계측기기, 다중 오동작 분석대상 기기 등이 추가되었기 때문이다. 추후 화재 PSA의 다른 업무를 수행하면서 이들 기기 수와 케이블 수는 변동이 생길 수도 있다.

### 감사의 글

This work was supported by the Nuclear Research & Development Program of the National Research Foundation of Korea (NRFK) grant funded by the Korean Government (MEST).

### 참고문헌

- [EPRI, 1995], "Fire PRA Implementation Guide", EPRI TR-105928, EPRI, 1995
- [KHNP, 2004], "울진 3/4호기 확률론적 안전성 평가, Level 1 PSA 외부사건 분석", (주)한수원, 2004.
- [NRC, 2005], "Fire PRA methodology for nuclear power facilities", NUREG/CR-6850, USNRC, 2005