

원자력발전소 화재방호 규제 현황

김위경·금오현
한국원자력안전기술원

Regulatory Status for Fire Protection in Nuclear Power Plants

Kim, Wee Kyong · Keum, O Hyun
Korea Institute of Nuclear Safety

요 약

원자력발전소 화재방호는 소방법령에서 요구하는 인명안전 및 재산보호에 대한 요건의외에도 원자력법령에서 요구하고 있는 원자로의 안전정지 및 방사성물질 누출제한에 대한 요건을 만족시켜야 한다. 본 논문에서는 소방시설에 대한 소방법령 적용시 문제점과 현재 원전에 대한 화재방호 규제현황에 대하여 소개하고 원전 화재안전성 향상을 위한 규제방향을 제시하고자 한다.

1. 서 론

원자력발전소에서의 화재방호의 기본개념은 일반 산업시설과 동일하게 화재예방, 조기감지 및 진압, 공정안전(원자로의 안전정지상태 유지)으로 표현할 수 있다. 화재발생시 조기감지 및 진압을 위한 설비는 기본법인 소방법령에 의거하여 설치되어야 한다. 그러나 원전에서의 공정안전은 방사선에 의한 재해 규모와 가능성을 고려하여 특별법 형태인 원자력법령[1,2]에서 다루어진다. 원전에 대한 규제지침서[3,4]와 전력산업기술기준[2]에는 주로 화재위험도분석과 화재방호계획에 대한 사항이 기술되어 있으며, 공정안전을 위해 특별히 중요한 지역에 대한 소방시설에 대한 요건도 포함되어 있다. 본 논문에서는 소방시설에 대한 소방법령 적용시 문제점과 원전 화재방호 규제현황을 소개하고 화재안전성 향상을 위한 규제방향으로 고려하고 있는 위험도정보 성능기반(Risk-Informed, Performance-Based: RI-PB) 화재방호에 대하여 기술하였다.

2. 법령 적용 현황

2.1 소방법령

소방법령 및 화재안전기준은 사양위주로 규정되어 있어 원자로 및 관계시설에 적용하기 어려운 요건들이 포함되어 있다. 대표적인 규정으로 건축물의 피난·방화구조 등의 기

준에 관한 규칙 제14조에서 하나의 방화구역을 바닥면적 1000 m² 이내로 구획하도록 하고 있으며, 스프링클러 소화설비 설치시 3000 m²까지 허용하고 있으나 화재위험성이 낮은 지역에 대해서는 인명안전과 무관한 산업시설에 과도한 규정으로 간주될 수 있다. 또한 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 별표 4에서 바닥면적 1000 m² 이상인 지하·무창층에 스프링클러 소화설비를 설치하도록 요구하고 있으나 원자력발전소에 적용하기 어려운 지역이 존재한다.

소방법령은 기본법으로 국내의 모든 시설은 소방법령에 의거하여 설치되어야 하며, 소방법령에는 기술기준을 포함한 다양한 규정을 포함하고 있다. 원전의 일부 지역에 대한 소방설비 설계시 소방법령을 만족시킬 수 없는 현실을 감안하여 원자력발전소를 소방시설 공사업법에 따른 특수한 설계로 인정하여 소방법령 및 화재안전기준의 적용을 면제한 사례가 있다. 그러나 원전의 모든 지역에 소방법령을 적용할 수 없는 것은 아니며, 특수한 설계로 인정하기 위해서는 허가대상 원전별로 심의절차가 필요하다. 그러므로 원전을 성능위주 소방설계 대상에 포함시키는 것이 바람직하지만, 현재 제정된 소방방재청의 고시는 인명안전 위주로 규정되어 있어 원전에 적용하기 어려운 실정이다.

또한 화재안전기준에는 설계에 대한 요건은 있으나 Door Fan Test 등과 같은 설비의 성능 입증과 관련된 요건이 미흡하다. 또한 스프링클러소화설비에 대한 화재안전기준에서 조기진압용 스프링클러 헤드는 랙크식 창고에만 적용할 수 있으며, 스프링클러 헤드에서의 방수량이 80 lmp으로 고정되어 있어 가연물의 화재위험성을 고려한 다양한 스프링클러 헤드를 사용하기엔 제한이 있다. 특히 종합정밀점검 규정은 원전에서 사용하고 있는 다양한 소화설비의 유지관리 방안 등에 대한 요건이 미흡하다.

원자력법령에서 소방시설에 대한 사항은 교육과학기술부 고시[2]에서 제한적으로 인정하고 있는 전력산업기술기준[2](FPN-803, 804)과 한국원자력안전기술원의 규제기준 및 지침[3]에 기술되어 있다, 이러한 사항은 NFPA-803, 804와 Reg. Guide 1.189[4]의 내용을 근간으로 하고 있다. 이들 규정의 주요내용은 원전의 설계 및 운영을 위한 화재위험도분석과 화재방호계획에 대한 사항이다. 소방설비에 대한 사항은 원자력발전소의 특성을 고려하여 2시간 이상 사용가능한 소화수원을 확보하고, 세시간 내화등급의 내화방벽에 의한 격리 및 원자로의 안전에 중요한 설비를 보호하기 위해 자동식 소화설비 설치요구 등 제한적으로 기술되어 있다.

2.2 원자력법령

원자력발전소 운영자는 원자력법령에 따라 설계기준사고에 대비하여 원자로의 안전정지 상태를 유지할 수 있도록 다중성, 다양성 및 독립성을 확보하고 있는 안전설비를 설치하고 운영하여야 한다. 화재방호와 관련된 규정에는 단일화재사고시 안전설비가 동시에 기능이 상실되지 않도록 격리요건을 규정하고 있다. 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙[1]과 교육과학기술부 고시[2]에 따라 설계단계에서 이러한 사항을 입증하기 위하여 원자로의 화재시 안전정지분석을 포함한 화재위험도분석을 수행해야 하며, 운영을 위한 화재방호계획을 수립해야 한다.

교육과학기술부 고시에는 화재위험도분석시에 1) 화재방호구역, 2) 가연성물질의 종류와 크기, 3) 설계기준화재, 4) 화재감지 및 진압설비, 5) 화재위험성, 6) 원자로안전정지·

잔열제거 및 방사성물질 유출방지능력 등에 대하여 고려하도록 요구하고 있으며, 화재방호계획 수립시 화재방호 관련조직의 책임 및 권한, 화재예방/진압/안전정지 관련 운영절차와 초동소방대의 교육 및 훈련에 대한 사항을 기술하도록 요구하고 있다. 화재안전정지분석은 단일 화재시 화재발생지역이 전소되어 그 지역의 모든 기능이 상실되는 것으로 가정하여 원자로의 안전정지 상태를 유지할 수 있음을 입증하는 것이다.

현재 화재위험도분석보고서는 원전 설계에 대한 화재안전정지분석에 중점을 두고 있으나 운영중 화재방호계획 수립시 운전원 및 초동소방대원이 참조할 수 있는 자료를 포함시켜야 하며, 소방시설 적절성 평가내용 등 개선이 필요한 상태이다. 소방시설 적절성 평가내용은 성능위주 소방설계 입증자료로 사용될 경우 매우 유용할 것이다.

2.3 화재 확률론적 안전성 분석(Fire Probabilistic Safety Analysis: F-PSA)

미국의 화재방호 규정[4,5]은 1975년 Browns Ferry 원전 화재사고의 후속조치로 정립되었으며, 가동원전에 대하여 소급적용을 통하여 화재위험도분석을 수행하도록 하였으며 분석결과 나타난 설비와 운영관련 문제점들을 보완해 왔다. 1990년대 말에 미국의 원전 규제체계가 확률론적 안전성 분석(PSA) 결과를 이용한 위험도정보 규제체계로 변환되었으나 F-PSA 수행을 위해선 화재시 기기 손상을 예측할 수 있는 신뢰성 있는 화재모델링 기구가 필요하게 되었다. 따라서 2000년대 초반에 CFAST, FDS 등과 같은 화재모델링 프로그램의 V&V를 위한 실증실험을 미국과 유럽이 연합하여 수행한 결과 화재모델링에 의한 분석 기술이 급속하게 발전되었다. 화재방호 관련 미국 연방법령인 10 CFR 50.48[5]에서 성능기반 기술기준인 NFPA-805[6]를 사용할 수 있도록 개정하였으며, F-PSA와 관련한 지침[7]과 방법론[8]을 개발하여 현재 많은 원전이 RI-PB 화재방호 방법론을 채택하였다.

국내의 경우 중대사고 정책성명에 따라 외부사건(지진, 화재 및 침수)을 포함한 PSA를 수행하고 있으나 RI-PB 규제체계는 정립되지 않은 상태이다. NUREG/CR-6850에 따른 신규 F-PSA 방법론은 기존의 F-PSA 방법론에 비해 케이블이나 기기의 손상예측 평가를 위하여 화재모델링 및 회로분석 등이 절대적으로 필요한 상태이다. 규제체계 및 F-PSA 수행비용 등을 고려하여 신규 F-PSA 방법론은 일부 원전을 대상으로 적용성을 검토하고 있다. F-PSA 결과는 발전소의 안전성을 수치로 표현하는 장점 이외에도 어떤 화재지역이 영향을 주는 기기와 이로 인한 노심손상빈도에 미치는 영향을 쉽게 평가할 수 있으므로 발전소 운영에 매우 중요한 역할을 할 수 있다.

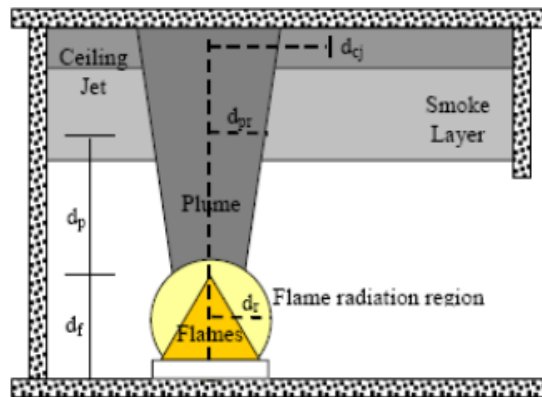


그림 1. 화재모델링에 의한 심각도 평가

3. 결 론

원자력발전소 화재방호는 소방법령에서 요구하는 인명안전 및 재산보호에 대한 요건이외에도 원자력법령에서 요구하고 있는 원자로의 안전정지 및 방사성물질 누출제한에 대한 요건을 만족시켜야 한다.

소방법령은 원전 소방시설 설계시 적용하기 어려운 사양위주의 규정을 포함하고 있어 원전을 시설공사업법에 따른 특수한 설계로 인정하였다. 보다 바람직한 적용방법은 원전을 성능위주 설계대상에 포함시키는 것이지만 원전과 같은 산업시설에 적용하기 위해서는 인명안전 위주로 되어 있는 성능위주설계 관련 소방방재청 고시를 보완해야 한다. 원자력법령에 따라 수행하는 화재위험도분석은 소방시설의 적절성을 평가하도록 되어 있으므로 이를 성능위주설계 심의자료로 활용할 수 있을 것이다.

원자력법령에서 화재방호에 대한 규제요건은 설계단계에서 수행해야 하는 화재위험도 분석과 운영을 위한 화재방호계획서로 구분할 수 있다. 최근 미국에서는 가동원전의 화재 안전성 향상을 위해 F-PSA를 기본으로 하는 RI-PB 화재방호 규제체계를 구축하였다. F-PSA 결과는 발전소의 안전성을 수치로 표현하는 장점이외에도 어떤 화재지역이 영향을 주는 기기와 이로 인한 노심손상빈도에 미치는 영향을 쉽게 평가할 수 있으므로 발전소 운영에 매우 중요한 역할을 할 수 있다. F-PSA 수행시 화재구역에서 발생가능한 다양한 화재 시나리오에서 원자로 안전에 중요한 케이블이나 기기에 영향을 평가하기 위해서 CFAST, FDT 및 FDS와 같은 화재모델링 프로그램을 사용하는 것은 필수적이다. 이러한 방법론은 기존의 F-PSA 방법론에 비해 화재모델링 및 회로분석 등 상세분석이 요구되므로 일부 원전을 대상으로 적용성을 검토중에 있다.

참고문헌

1. 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제14조 (화재방호에 관한 설계기준 등) 및 제59조 (화재방호계획)
2. 교육과학기술부 고시
 - 제2009-37호, 화재위험도분석에 관한 기술기준 고시
 - 제2010-27호, 화재방호계획의 수립 및 이행에 관한 규정
 - 제2010-28호, 전력산업기술기준의 원자로시설 기술기준 적용에 관한 지침
3. 한국원자력기술원 규제기준 및 규제지침
4. Regulatory Guide 1.189, Fire Protection for Nuclear Power Plants
5. 10 CFR 50.48, Fire Protection.
6. NFPA-805, Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants
7. Regulatory Guide 1.205, Risk-Informed, Performance-Based Fire Protection for existing Light-Water Nuclear Power Plants
8. NUREG/CR-6850, Fire PRA Methodology for Nuclear Power Facilities.