

원자력발전소 화재 방호에 대한 규제입장

김위경

한국원자력안전기술원

Regulatory Position of Fire Protection for Nuclear Power Plants

Kim, Wee Kyong

Korea Institute of Nuclear Safety (KINS)

요 약

국내 원전 화재방호규정에서는 화재에 의한 원자로의 안전에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 원전 사업자에게 설계단계에서부터 화재위험도분석을 수행하고 화재예방대책을 포함한 화재방호계획을 수립하도록 요구하고 있다. 이에 대한 세부지침으로 원전 도입국의 지침을 사용하고 있으나, 원자력발전 산업의 규모와 기술적인 분야를 주도하는 입장에서 한국원자력안전기술원은 법적근거를 확보할 수 있는 우리 고유의 지침을 개발하고 있다. 본 발표에서는 원전의 화재방호 규정과 세부지침 수립시 고려하고 있는 사항을 소개하고, 원전 화재 안전성을 향상시킬 수 있는 국내 원전 화재방호 규정 정립을 위한 방향을 제시하였다.

1. 서 론

원전은 원자력법에서 규정하고 있는 방사선에 의한 재해의 방지와 공공의 안전을 도모하기 위하여 사고를 예방하고 진압하거나, 사고의 결과를 완화할 수 있는 계통(안전계통)을 설치해야 한다. 이러한 안전계통은 원전의 정상운전시 사용되지 않으나 필요시 확실하게 동작하여 원자로를 안전한 상태로 유지될 수 있음을 보증하는 신뢰성을 확보하기 위하여 다중성, 다양성 및 독립성을 확보하여야 한다. 원전의 화재방호설비는 원자로를 안전한 상태로 유지하는데 직접적으로 사용되지 않으므로 안전계통 수준의 신뢰성이 요구되지는 않는다.

원전 화재방호 성능목표는 NFPA-805[1]에서 원자로 안전목표, 방사성물질 방출 관련 목표, 인명안전목표 및 재산상 손실 관련 목표 등을 제시하고 있다. 실질적으로 원전의 화재방호규정은 화재의 발생가능성과 화재로 인한 재해를 최소화하는데 목적을 두고 있다. 그러나 원전의 화재방호규정은 국내 소방관계법의 목적인 생명·신체 및 재산을 보호를 위한 요건까지 포함할 수는 없으며, 원자로의 안전정지와 방사선에 의한 재해 관점의 요건들을 규정하는 것이 타당하다. 미국의 원전의 최상위 화재방호규정인 10 CFR 50.48[2]에서도 화재방호에 대한 성능기반기준인 NFPA-805를 승인하고 있지만 원자로 안전목표와 방사성물질 방출 관련 목표에 국한하여 승인하고 있다.

국내 원전 화재방호 규정은 원자력법의 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제14조(화재방호에 대한 설계기준)과 제59조(화재방호계획)에 제정되어 있으며, 이에 따라 제정된

교육과학기술부 고시 제2008-25호 화재위험도분석에 관한 기술기준 고시와 제2008-26호 화재방호계획의 수립 및 이행에 관한 규정 고시가 있다. 그러나 원전에서 수행되는 모든 화재방호활동을 포함하는 광범위한 사항을 규정하는 세부지침은 현재 원전 도입국의 지침을 사용하고 있다. 따라서 원자력발전 산업의 규모와 기술적인 분야를 주도하는 입장에서 한국원자력안전기술원은 법적근거를 확보할 수 있는 우리 고유의 지침을 개발하고 있다. 본 발표에서는 세부지침을 포함한 국내·외 원전의 화재방호 규정과 세부지침 수립시 고려하고 있는 사항을 소개하고 원전 화재 안전성을 향상시킬 수 있는 국내 원전 화재방호 규정 정립을 위한 방향을 제시하였다.

2. 원전 화재방호규정

2.1 미국 원전 화재방호규제 체계

1975년 발생한 Brown Ferry 원전 화재사고 이전의 미국의 원전 화재방호규정은 10 CFR 50의 App. A의 General Design Criteria 3 (Fire Protection)[2]에 있는 일반설계기준에 제시되어 있으나, 일반설계기준에는 선언적인 내용만 있을 뿐 상세지침은 제시되지 않은 상태이었다.

표 1. 미국의 화재방호 관련 규제문서

10 CFR 50	Domestic licensing of production and utilization facilities, [2] - App. A : General Design Criteria for Nuclear Power Plants Criterion 3 - Fire Protection - 10 CFR 50.48 Fire Protection - App. R : Fire Protection Program for Nuclear Power Facilities Operating Prior to January 1, 1979
SRP	NUREG-0800 U.S. NRC Standard Review Plan, [3] - 9.5.1.1 Fire Protection Plan - 9.5.1.2 Risk-Informed, Performance-Based Fire Protection Program Review Responsibilities
Regulatory Guide	Regulatory Guide [4] - 1.174, An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment In Risk-Informed Decisions On Plant-Specific Changes to the Licensing Basis. - 1.189, Fire Protection for Nuclear Power Plants. - 1.191, Fire Protection Program for Nuclear Power Plants During Decommissioning and Permanent Shutdown. - 1.205, Risk-Informed, Performance-Based Fire Protection for Existing Light-Water Nuclear Power Plants

따라서 원전의 화재방호설비는 NFPA Code나 손해보험회사들의 기준에 따라 설치되어 일반 산업설비나 건물과 동일하게 취급되었다. 그러나 Brown Ferry 원전 화재사고에 대한 특별점검 결과 1980년도에 10 CFR 50.48을 제정하고 세부지침으로 SRP 9.5.1[3]을 개발하였다. 이러한 지침은 결정론적 화재방호 규제방법론으로 최근 미국에서는 위험도정보 성능 기반(RI-PB) 규제도입 및 신규 원전건설과 관련하여 화재방호 규제체계를 정비하고 있다.

표 1에는 미국의 원전 화재방호규정과 관련된 규제문서를 표시하였다.

2.2 원전 화재방호규정

원전 화재방호규정은 화재방호계획 수립을 위한 조직, 화재위험도분석, 소방대 및 교육 훈련에 대한 사항과, 화재예방, 감지 및 진압시설, 건물설계 및 내화방벽, 안전정지 기능, 안전에 중요한 지역 및 화재위험성이 높은 지역의 방호대책 등 광범위한 사항을 규정하고 있으나 여기에서는 원전 화재방호규정에서 고려하고 있는 다음과 같은 기본적인 개념만 소개하였다.

가. 일반설계기준 3 - 화재방호

- 안전성에 중요한 구조물, 계통 및 부품은, 화재나 폭발의 영향과 그 가능성을 최소화
- 불연성 및 열저항 재질의 사용
- 적절한 용량 및 기능을 갖춘 화재 검출 및 소화계통
- 소화계통의 파괴나 부주의한 작동이 이러한 구조물, 계통 및 부품들의 안전기능을 손상시키지 않음을 보증

나. 화재손상 제한요건

안전정지기능 보호를 위한 화재손상 제한요건은 방호대상의 기능에 따라 다음과 같이 구분된다.

- 고온정지기능 : 고온정지를 달성하는데 필요한 하나의 계열은 단일화재에 의하여 손상을 입지 않아야 함.
- 상온정지 : 단일화재에 의하여 상온정지에 필요한 기기의 두 계열이 모두 손상될 수 있으나, 그 손상된 계열중 적어도 하나의 계열은 72시간이내에 수리 또는 복구가 가능하여야 한다. 화재로 인하여 해당 방화지역의 기기는 기능이 상실되고 방화지역에 보수를 위하여 출입하거나 운전조작이 불가능한 것으로 간주된다.
- 설계기준사고 : 설계기준사고로 인한 피해를 완화시키는 데 필요한 두 계열의 기기는 단일 노출화재에 의하여 모두 손상 받을 수 있다.

이러한 화재손상 제한요건을 만족시키기 위하여 다중계통의 한 계통은 화재로 인한 영향을 받지 않도록 다음 중 한 방법으로 설치되어야 한다.

- 3시간 등급의 방화구역으로 격리
- 수평으로 6.1m 이상 격리하고 그 사이에 가연성물질이 존재하지 않아야 함.
- 다중계통의 한 계통의 케이블, 기기, 관련회로의 보호케이스는 1시간등급의 내화재로 보호하여야 하며, 이 지역에는 화재감지기와 화재진압 설비를 설치하여야 한다.

다. 심층방어개념

- 화재의 발생을 미연에 방지하고,
- 발생한 화재를 신속하게 감지, 진압하여 피해를 경감시키며,
- 진압되지 않은 화재의 경우 이의 확대를 방지하여 발전소의 필수 기능에 미치는 영향을 최소로 하는 방안을 말한다.

2.3 국내 화재방호규정 현황

국내 원전 화재방호 규정은 원자력법의 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제14조(화재방호에 대한 설계기준)과 제59조(화재방호계획)에 제정되어 있다.

원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제14조(화재방호에 대한 설계기준)에는 일반설계기준이 규정되어 있고, 화재위험도분석시 고려해야 하는 다음과 같은 6가지 사항이 제시되어 있다.

- 화재방호구역의 구분
- 가연성물질의 종류 및 크기
- 설계기준화재의 범주
- 화재감지 및 진압설비
- 화재위험성의 평가
- 원자로안전정지·잔열제거·화재감시 및 방사성물질 유출방지 능력

이들 사항에 대한 세부사항은 교육과학기술부 고시 제2008-25호 화재위험도분석에 관한 기술기준 고시에 제정되어 있다. 이 고시에서는 항목별로 고려해야 하는 사항을 제시하고 있으며, 안전정지기능 보호를 위한 화재손상 제한요건이 제시되어 있다.

원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제59조(화재방호계획)에는 발전소의 운영시 화재예방·감지 및 진화를 위하여 화재방호계획을 수립토록 하고 있으며, 교육과학기술부 고시 제2008-26호 화재방호계획의 수립 및 이행에 관한 규정 고시에 제정되어 있다. 이 고시에는 화재예방, 진압 및 안전정지 관련 운영절차 수립시 고려사항과 발전소 운전원으로 구성된 초동소방대를 포함하여 화재방호활동을 위한 조직을 구성 등 발전소 운영시 필요한 화재방호계획서 작성지침에 제시되어 있다.

이에 따라 원전 사업자는 건설단계에서 화재위험도분석을 수행하고 있으며, 심층방어개념에 따른 화재방호계획을 수립하여 원전을 운영하고 있다. 국내 원전의 화재방호와 관련하여 국내 소방관계법도 적용되고 있으나, 상기한 규정에는 소방관계법에서 고려하지 않고 있는 원전의 특성을 고려한 요건을 규정하여 소방관계법과 상충되지 않도록 하였다.

원전의 화재방호는 국내 화재방호 규정에서 제시하고 있는 바와 같이 크게 설계단계의 화재위험도분석과 운영단계의 화재방호계획으로 대변할 수 있으나, Browns Ferry 화재사고 후속조치로 수행된 특별검사에서 나타난 바와 같이 원전의 특성을 고려한 세부사항은 좀더 광범위하여 고시에 포함되지 못하였으므로 별도의 세부지침을 개발할 필요가 있다. 따라서 현재 한국원자력안전기술원에서는 법적인 근거가 확보된 세부지침을 개발하고 있으며 다음과 같은 사항을 고려하고 있다.

가. 국내 소방법과의 관계

소방법은 생명·신체 및 재산을 보호를 목적으로 규정된 국내 모든 시설에 적용되는 법이며, 방사선에 의한 재해의 방지와 공공의 안전을 도모하는 원자력법에서의 화재방호 규정은 기존의 소방관계법을 보완 또는 강화하는 규정으로 간주하는 것이 타당하다. 이러한 사항은 교과부 고시 제정시 이미 고려한 사항으로 원전의 특성을 고려한 화재위험도분석에 대한 기술기준은 소방관계법에서 고려하고 있지 않은 사항이다. 또한 교과부 고시 제2008-26호에서 규정한 화재방호계획서도 소방법에서 특정소방대상물의 방화관리를 위하여 규정한 소방계획서에 고려하고 있지 않은 운전원으로 구성된 초동소방대 구성과 교육훈련사항을 규정하였으며, 심층방어개념에 입각한 원전 화재방호 운영사항 등에 대하여 규정하고 있다.

특히 소방관계법에서 요구하고 있는 소방계획서가 여러 개의 발전소로 구성된 사업소 단위로 관리되고 있고, 발전소 단위별로 운영되는 화재방호계획서는 소방계획서의 하부문

서로 간주할 수 있으므로 소방계획서와 화재방호계획서는 중복된 규제요건이라 볼 수 없다. 따라서 개발하고자 하는 세부지침은 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙과 교과부 고시에 제정되어 있는 상위 규정을 보완하는 규정이므로 소방법과의 상충될 가능성은 없다.

표 2 건설 및 운영허가와 방화관리업무 관련 소방관계법 및 원자력법 비교

	소방관계법	원자력법
목적	소방기본법 제1조 : ~~~국민의 생명·신체 및 재산을 보호함으로써 ~~~	원자력법 제1조: ~~~방사선에 의한 재해의 방지와 공공의 안전을 도모~~~
건설 및 운영허가 허가	소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 제7조 (건축허가등의 동의)	원자력법 제11조(건설허가) 및 제21조(운영허가)
소방설비 설계기준	소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 제9조 (특정소방대상물에 설치하는 소방시설등의 유지·관리 등) - 화재안전기준(NFSC)	원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제14조(화재방호에 대한 설계 기준) 및 교과부 고시 제2008-25호 - 별도의 기준을 제시하지 않음 - 도입국 지침에서 NFPA 사용
방화관리 업무	소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 제20조(특정소방대상물의 방화관리) → 소방계획서 제25조 (자체점검계획 수립) → 점검과 관련된 사항은 고시에 지정된 양식에 따라 자격이 있는 업체에서 점검을 수행하고 보고 하도록 되어 있음	원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제59조(화재방호계획) 교과부 고시 제2008-26호 화재방호계획 수립에 관한 규정 → 화재방호계획서 → 별도의 양식 및 보고규정은 없으며 원자력법 제23조의2에 따라 점검결과를 정기검사시 확인함.
검사	소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 제4조 (소방검사) → 필요한 경우 소방검사를 수행	원자력법 제16조(검사) 및 제23조의2(검사) → 사용전검사 및 정기검사

다만 하나의 시설에 대하여 두 개의 법이 규정되어 있어 나타나는 건설 및 운영허가서 그리고 운영시 수행되는 인허가 및 검사와 관련된 사항은 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙과 교과부 고시보다 상위문서인 법에서 결정될 문제이다.

나. 소방시설의 기술기준

세부지침에는 원전의 특성을 고려한 원자로의 안전정지 요건 이외에도 화재감시 및 진압시설, 건물설계 및 내화방벽 등이 기술되므로 소방시설에 적용되는 기술기준이 포함되어야 한다.

국내에는 소방시설에 대한 기술기준으로 화재안전기준(NFSC)이 소방방재청의 고시로 제정되어 있다. 소방방재청고시 제2007-68호 스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103) [5]에서는 방수시간을 20분으로 정하고 있으며, 소방대상물의 분류는 화재안전기준 상위법인 시행령에서 21개의 범주로 구분하고 있다. 반면에 미국의 스프링클러 기술기준인 NFPA 13[6]에서는 스프링클러 방수량과 관련하여 방수밀도와 방호구역을 방호대상물의

위험성에 따라 다르게 규정하고 있다.

원전에 화재방호 대한 규제지침서인 Reg. Guide 1.189[4]에서는 소화용수 공급을 최대 예상 유량으로 2시간 동안 공급하되 최소한 $1.136 \times 10^6 \ell$ 이상 확보하여야 한다고 규정되어 있다. NFPA 13에서는 방수시간을 방호대상물의 위험성에 따라 다르게 규정하고 있는데, 2시간은 방호대상물의 위험성이 최대(extra hazard)인 경우에 해당한다. 이를 근거로 일반산업기술기준의 상위문서인 지침서에는 지침서에 규정하지 않은 사항은 일반산업기술기준을 사용하되 원전의 특성을 고려하여 필요하다고 인정되는 부분을 별도로 규정하고 있다고 볼 수 있다.

이러한 관점에서 NFPA를 근거로 작성된 미국의 세부지침서를 국내 세부지침으로 전환하는 경우 소방방재청의 화재안전기준을 적용하는 것은 어려운 실정이다.

다. 위험도정보 성능기반 화재방호 규제도입

RI-PB 규제는 이미 2000년도 이전에 미국 원전 규제의 근간이 되었다. 그러나 화재방호와 관련된 규제에서는 2004년 7월 미국의 화재방호규정인 10 CFR 50.48에서 NFPA-805를 승인하면서 시작된 것으로 볼수 있으나, 2006년 3월 Reg. Guide 1.205가 제정되었으며, SRP 9.5.1.2는 2009년 1월에 새로 개발되었으므로 미국의 RI-PB 규제도 아직 초기단계라 할 수 있다.

미국 원전의 화재방호와 관련한 RI-PB 규제의 주요 목적중 하나가 화재방호규정이 정립되기 이전에 건설된 원전의 규제부담을 완화하고자 하는 것이다. 그러나 Reg. Guide 1.205에서는 RI-PB 화재방호 도입은 NUREG/CR-6850에 따른 확률론적위험성평가(PRA)를 전제로 하고 있는데 기존의 화재 PRA 방법론보다 한층 강화되어 이를 수행하는데 경제적인 부담이 매우 크다.

국내 원전의 화재방호분야 이외의 분야에 대한 규제도 위험도정보 성능기반 규제를 도입하고자 하는 노력이 수행되고 있는 상태이고, 대부분의 원전이 화재방호규정이 정립된 이후에 건설된 원전을 보유하고 있는 상태이므로 RI-PB 화재방호 규제를 도입하는 것은 아직 이른 시점이다. 그러나 향후 RI-PB 화재방호 규제를 도입하는 것이 원전의 화재안전성 향상에 도움이 될 수 있는 지에 대한 연구는 지속적으로 수행해야 한다.

3. 결 론

국내 원전 화재방호 규정에서는 화재에 의한 원자로의 안전에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 원전 사업자에게 설계단계에서부터 화재위험도분석을 수행하고 화재예방대책을 포함한 화재방호계획을 수립하도록 요구하고 있다. 이에 대한 세부지침으로 원전 도입국의 지침을 사용하고 있으나, 원자력발전 산업의 규모와 기술적인 분야를 주도하는 입장에서 한국원자력안전기술원은 법적근거를 확보할 수 있는 우리 고유의 지침을 개발하고 있다.

본 발표에서는 세부지침을 포함한 원전의 화재방호 규정을 고찰하고 세부지침 수립시 고려하고 있는 사항을 제시하였다. 세부지침은 국내 소방관계법과 상충되지 않는 범위에서 개발하되, 설비에 대한 기술기준으로 화재안전기준(NFSC)를 사용하기 어려운 실정이다. 또한 위험도정보 성능기반 화재방호 규제의 도입은 국내 원전의 상황과 원전 규제체계를 고려할

경우 아직은 이른 시점이나 원전의 화재 안전성 향상을 위한 하나의 좋은 도구이므로 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. NFPA 805, Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants.
2. 10 CFR Part 50, Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities.
 - 50.48, Fire protection
 - Appendix A, General Design Criteria for Nuclear Power Plants. GDC 3, Fire Protection
3. NUREG-0800 U.S. NRC Standard Review Plan,
 - 9.5.1.1 Fire Protection Plan
 - 9.5.1.2 Risk-Informed, Performance-Based Fire Protection Program Review Responsibilities
4. Regulatory Guides
 - 1.174, An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment In Risk-Informed Decisions On Plant-Specific Changes to the Licensing Basis.
 - 1.189, Fire Protection for Nuclear Power Plants.
 - 1.191, Fire Protection Program for Nuclear Power Plants During Decommissioning and Permanent Shutdown.
 - 1.205, Risk-Informed, Performance-Based Fire Protection for Existing Light-Water Nuclear Power Plants
5. 소방방재청고시 제2007-68호 스프링클러설비의 화재안전기준(NFSC 103)
6. NFPA 13, Sprinkler Systems