

원자력발전소 화재방호와 소방시설 기술기준 적용에 대한 고찰

김위경[†] · 정기신^{*}

한국원자력안전기술원, *세명대학교 소방방재학과

A Study on Fire Protection in Nuclear Power Plants and Application of the Code and Standards for Fire Protection Systems

Wee-Kyong Kim[†] · Kee-Sin Jeong^{*}

Korea Institute of Nuclear Safety

*Dept. of Fire and Disaster Prevention, Se-Myung Univ.

(Received September 25, 2012; Revised October 25, 2012; Accepted December 7, 2012)

요 약

원자력발전소 화재방호의 목표는 화재 시 원자로의 안전정지 상태를 유지하여 환경으로의 방사성물질 누출을 최소화 하며, 종사자 인명안전 및 재산을 보호하는데 있다. 소방시설은 발생한 화재를 조기 감지 및 진압하여 화재로 인한 피해를 완화시킬 수 있는 심층방어개념에 입각한 중요한 방어수단의 하나이다. 그러나 소방방재청에서 제시하고 있는 소방시설 설치기준이 원자력발전소에 특화되어 있지 않아 인허가 시 별도의 심의 절차가 요구되고 있다. 또한, 성능위주설계와 같은 규정은 작업자의 인구밀도가 비교적 낮은 원자력발전소에 적용하는데 어려움이 있다. 이 논문에서는 원전 화재방호와 관련된 법령의 상세 검토를 통하여 도출된 근본적인 문제점과 KEPIC FPN의 국내 원전 적용성에 대한 평가를 통하여 소방시설에 대한 기술기준에 대한 개선방향을 제시하였다.

ABSTRACT

The purpose of fire protection for the nuclear power plants (NPPs) is to ensure safe shutdown state of the reactor, to minimize the release of radioactive materials to the environment, to provide physical safety of the on-site personnel, and to limit the property damage. Fire protection and extinguishing equipments are one of the important protection measures based on the defense-in-depth concept, which can promptly detect and control and extinguish those fires that do occur, thereby limiting fire damage. However, a separate evaluation process might be additionally necessary for the construction permit and operating license because the fire protection laws of the NEMA for installation standards of the fire protection systems is not fully characterized for the NPPs. It is also not easy to implement the regulations such as the performance based design concept for fire protection system of the NPPs which are characterized for a relatively low density of employee. This study suggests a guideline for the improvement of the technical standards for fire protection systems of the NPPs by evaluating the fundamental problems drawn by reviewing laws and regulatory guides relevant to fire protection and by evaluating the applicability of the KEPIC FPN in domestic nuclear power plants.

Keywords : Nuclear power plants, Fire protection regulations, Technical standards for fire protection system, KEPIC FPN

1. 서 론

최근 원자력발전소 화재방호와 관련한 논문에서 원자력 안전법과 소방관계법이 동시에 하나의 방호대상물에 적용되고 있는 것이 불합리한 것으로 규정하고 다음과 같은 규제개선 방향을 제시하고 있다^(1,2).

(1) 원자력안전법에 따른 원자로 및 관계시설은 원자력 안전법에 준하는 화재방호요건을 적용하고, 행정시설 등과 같은 부속건물에만 소방관계법을 적용⁽¹⁾.

(2) 원자력발전소를 소방시설공사법에서 규정한 성능 위주설계 대상에 포함⁽²⁾.

이러한 규제개선방향은 소방법령에 따른 소방시설 설치 기준의 적용 시 발생하는 문제점을 해결하기 위해 제기되었으나 법령의 기본적인 목적과 이에 따라 규정된 요건의 세부적인 내용을 충분히 고려하지 않아 이행에 다소 어려움이 있다.

원자력발전소는 하나의 소방대상물로서 인명안전 및 재산보호 조치를 취하여야 하지만 방사성물질 누출을 야기

[†]Corresponding Author, E-Mail: k322kwk@kins.re.kr
TEL: +82-42-868-0469, FAX: +82-42-861-2535

ISSN: 1738-7167
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2012.26.6.038>

하는 사고 발생 시 발전소 주변의 광범위한 지역에 거주하고 있는 주민에게 피해를 줄 수 있으므로 방사선에 의한 재해방지와 공공의 안전을 도모하여야 한다. 소방관계법과 원자력안전법에는 원자력발전소의 화재방호 특성을 고려하여 각각의 법령 목적과 목적을 달성시킬 수 있는 요건을 설정하고 있다. 즉 원자력발전소의 화재방호 특성과 법령 구조상 원자력발전소의 화재방호 설계는 두 개의 법령을 충족시켜야 한다.

소방시설공사업법에 제시된 성능위주설계는 소방법령에 따른 사양위주설계 또는 획일적인 소방설계가 부적합한 건축물에 의미가 있다⁽³⁾. 소방방재청 고시⁽⁴⁾에 제시된 성능위주설계 평가방법은 화재 및 피난 시물레이션을 통한 재실자의 인명안전에 중점을 두고 있다. 원자력발전소에서는 원자로의 안전과 방사성물질 누출과 관련하여 성능에 입각한 화재위험도분석을 수행하고 있다.

이 논문에서는 소방시설 설치기준의 근본적인 문제점을 도출하기 위하여 원자력안전법 및 소방관계법을 비교·검토하였으며, 전력산업기술기준의 경수로형 원전 화재방호 표준(KEPIC FPN-803, 804)^(5,6)에 대한 적용방안을 제시하였다.

2. 원전 화재방호 특성

2.1 원자력발전소 화재방호 목표

원자력발전소 화재방호의 목표는 원자력안전법과 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 제1조(목적)에 제시되어 있듯이 다음과 같이 구분할 수 있다.

(1) 원자력안전법

- 원자로 안전정지: 핵연료를 안전하고, 안정된 상태로 유지할 수 있음을 보증
- 방사성물질 누출 제한: 공공의 안전, 환경 및 발전소 종사자에 악영향을 미치는 방사성물질 방출을 야기하지 않음을 보증

(2) 소방법령

- 인명안전: 발전소 종사자에 대하여 인명손실이 방지될 수 있음을 보증
- 재산보호: 잠재적인 경제적 결과를 고려하여 허용 가능함을 보증

각각의 목표를 달성하기 위한 방호수단은 심층방어개념에 입각하여 법령 및 규제지침에 규정되어 있다.

2.2 원자력발전소 화재방호 심층방어개념

심층방어개념은 어떠한 목표달성을 위해 만들어지는 기구를 보호하기 위하여 예방, 조기진압/완화 및 영향 최소화 등 3단계로 구성되어 있는 기본적인 방어철학이다. 일반적으로 심층방어개념에서 최후의 방어수단은 능동방어(active protection)개념이 아닌 피동방어(passive protection)개념을 적용하고 있다.

운전중인 원자력발전소가 정지된 이후에도 원자로에서는 붕괴열이 지속적으로 발생하므로 사고 시 또는 정상운전 시 열을 제거하기 위하여 다양성, 다중성 및 독립성이 확보된 안전설비가 심층방어개념에 입각하여 설치되어야 한다.

원자로 안전정지 목표를 달성하기 위한 최후의 방어수단은 안전정지 기능을 수행하는 하나의 계열이 화재로부터 손상받지 않도록 내화방벽에 의한 물리적인 격리방법을 적용하고 있다.

방사선에 의한 재해방지는 원전 설계의 기본적인 목표로 원자로건물의 건전성이 확보되는 경우 방사성물질 누출제한 목표를 달성할 수 있다. 따라서 원자로의 안전과 방사성물질 누출제한과 관련된 화재방호 관점에서의 심층방어개념은 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제14조에 규정되어 있듯이 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 화재를 예방

(2) 화재를 신속 감지하여 제어 및 진화

(3) 안전에 중요한 구조물, 계통 및 기기들을 보호

인명안전과 관련하여 발전소 필수 종사자 이외의 인원에 대하여 안전한 탈출 및 대피공간이 제공되어야 하며, 안전기능을 수행하는 발전소 필수인원에 대한 비상조명시설을 포함한 적절한 방호기능도 제공되어야 한다. 또한, 원자력발전소는 화재로 인하여 가동이 중단될 경우 경제적 손실이 매우 크므로 최대한 가능한 손실범위를 설정하여야 하며, 방화구획을 통하여 손실을 제한할 수 있다.

원자력발전소에 설치되는 화재감지 및 소화설비는 원자로의 안전정지 기능을 직접적으로 수행하지 않으므로 일반 산업계와 동일한 소방시설 기술기준에 따라 설치되고 있지만, 미국의 규제지침¹⁾을 근거로 하여 개발된 경수로형 원전 규제지침⁽⁷⁾에는 원자로의 안전정지와 관련된 설비를 방호하기 위하여 강화된 설치규정이나 추가적인 요건들이 제시되어 있다.

3. 원자력발전소 화재방호 규정

3.1 원자력안전법

원자력안전법에서의 원전 화재방호 규정은 Figure 1에 제시되어 있다.

원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제14조(화재방호에 관한 설계기준 등)에는 원전 화재방호 관점에서의 심층방어개념을 규정하고 있다. 또한, 원전에 적용된 심층방어개념의 적절성은 원자력안전위원회 고시 제2012-22호⁽⁸⁾에 따라 화재위험도분석을 수행하여 평가하여야 한다.

화재위험도분석은 방화지역별 가상 화재에 대한 위험성을 검토하고 화재예방 및 화재방호조치에 대한 평가를 통

1) 1975년 Browns Ferry 원전 사고 후속조치로 개발되었으며, 현재 Regulatory Guide 1.189로 사용되고 있음.



Figure 1. Regulatory system of the nuclear safety law for fire protection.

하여 화재발생 시 원자로의 안전정지능력을 확보하고 환경으로의 방사성물질 누출가능성이 최소화됨을 입증하기 위한 분석이다.

화재위험도분석에서는 하나의 방화지역이 전소되는 화재 시에도 하나의 안전정지 계열이 운전 가능한 상태로 유지됨을 입증하고 있으며, 다중의 안전정지 계열은 다음과 같은 물리적인 격리요건을 만족시켜야 한다.

- (1) 3시간 등급 내화방벽에 의한 격리
- (2) 수평거리로 6.1 m 이상 이격 및 화재 감지기와 자동 소화설비 설치
- (3) 1시간 등급 화재방호체에 의한 격리 및 화재 감지기와 자동소화설비 설치

소화설비 설치에 대한 규정은 경수로형 원전 규제지침 10.6⁷⁾에 제시되어 있다. 이 규제지침에는 원자로 안전정지 및 방사성물질 누출 제한 관점에서 산업계에서 통용되고 있는 기준보다 강화된 소화설비 설치 규정이 제시되어 있으며 예를 들면 다음과 같다.

- (1) 소화수원: 최대 용량의 스프링클러 소화설비의 2시간 방수량 또는 1,135,000 l 이상을 저장하고 있는 두 대의 소화수 저장탱크
- (2) 안전관련 지역의 소화전에 급수할 수 있는내진등급 소화수 펌프 두 대 및 소화수원
- (3) 제어실, 차단기실 및 디젤발전기 등 원자로 안전에 중요한 설비에 대한 자동식 소화설비 설치규정

인명안전 및 재산보호 측면의 규정은 원자력안전법령의 목적에 포함되지 않으므로 규제지침에 설정되어 있지 않다.

원자력안전위원회 고시 제2012-13호⁹⁾에서는 국가 기술 기준 정립을 위한 기반 확보를 위하여 전력산업기술기준 KEPIC FPN-803 및 804를 원자로시설의 기술기준으로 적용할 수 있도록 하였다. KEPIC FPN-803 및 804에는 원자력발전소 화재방호의 모든 목표에 대한 기준을 제시하고 있는 경수로형 원전의 화재방호 표준이다. 그러나 원자력안전법의 목적상 일반 산업계 요건을 규정하는 것은 적합하지 않아 다음과 같은 제한사항이 포함되어 있다.

- (1) 원자로 안전정지와 방사성물질 소외누출 최소화를 위한 화재방호 요건에 국한

(2) 소방설비에 대한 NFPA 기술기준은 소방방재청 고시인 국가화재안전기준을 적용할 수 있는 경우에는 적용을 배제.

(3) 화재위험도분석결과 NFPA 기술기준과 국가화재안전기준의 방호수준이 서로 상이한 경우에는 규제기관의 승인

원자로 안전정지와 방사성물질 누출 최소화를 위한 화재방호 요건은 경수로형 원전 규제지침 10.6에 KEPIC FPN-803 및 804과 동등하거나 강화된 수준으로 제시되어 있으므로 원자력안전법에 따른 규제에 있어 KEPIC FPN-803 및 804에 대한 활용도는 없는 편이다.

3.2 소방법령

3.2.1 소방시설 설치기준

소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 별표 2에는 소방대상물을 용도 및 규모 등이 고려된 30개의 특정소방대상물로 구분하여 소방시설을 설치하도록 하고 있다. 원자력발전소는 특정소방대상물로 업무시설로 분류되어 있었으나 최근 발전시설로 재분류되었다.

발전시설에 설치되는 소방시설은 소방대상물의 규모·용도 및 수용인원을 고려하여 시행령 별표 4에 따라 다음과 같이 선정된다.

- 소화설비: 소화기구, 옥내·외 소화전, 스프링클러 설비, 물분무등소화설비
- 경보설비: 비상경보설비, 비상방송설비, 자동화재탐지설비, 자동화재속보설비, 시각경보기
- 피난설비: 피난기구, 인명구조용 공기호흡기, 피난유도등, 통로유도등, 유도표지, 비상조명등

동법 시행령 별표 5에는 대체가능한 소화설비 또는 설치의 면제기준이 제시되어 있다. 또한, 위험물안전관리법 시행규칙(별표 17)에서 규정하고 있는 위험물의 저장·취급 및 운반과 이에 따른 안전 관리상 필요한 경우 강화된 소화설비 설치요건(설치간격 및 방수량 등)이 제시되어 있다.

선정된 소화설비의 설계는 위험물안전관리법에서 강화된 요건이나 해당 설비의 화재안전기준에 따라 수행되고 있다.

3.2.2 소방시설 설치기준 적용 시 문제점

원자력발전소에는 발전을 위한 시설 이외에도 업무시설과 창고 등 다양한 시설물이 있으나 소방법령에서는 원자력발전소를 하나의 특정소방대상물로 지정하고 있다. 또 다른 중요한 문제점은 소방법령의 소방시설 설치기준이 인명안전 관점에서 불특정 다수가 이용하는 일반건축물의 화재방호에 중점을 두고 있다는 것이다.

원자력발전소와 같이 작업자의 인구밀도가 높지 않은 산업시설에 대해서는 피난특성과 설비의 중요도 및 방호공간의 화재특성을 고려하여 소방시설이 선정되어야 하며 방호수준을 차등 적용할 수 있는 방안이 필요하다.

(1) 소방시설의 선정방법

소방법령에서 지하층·무창층(층사는 제외한다) 또는 층수가 4층 이상인 층으로서 바닥면적이 1천 제곱미터 이상인 층인 특정소방대상물에 스프링클러 소화설비를 설치하도록 요구하고 있다. 이러한 선정방법은 특정소방대상물의 규모·용도 및 수용인원을 고려한 것으로 화재하중(규모)과 피난용이성(용도) 등 인명안전 관점과 20분 이내에 도착하는 소방대의 화재진압능력 관점에서 수립되었다고 할 수 있다.

원자력발전소에는 발전에 필요한 전산장비, 차단기, 펌프, 터빈 및 발전기 그리고 디젤발전기 등과 같은 설비들이 원자로건물, 보조건물, 터빈건물 및 핵연료건물 등에 분산되어 설치되어 있다. 또한, 원자력발전소는 작업자의 인구밀도가 낮은 상태로 유지되고 있으며, 설치되는 소화설비도 소화목적으로 2시간 이상 사용할 수 있는 소화수원이 확보되어 있다.

따라서 원자력발전소에 설치되는 소화설비는 인명안전보다 화재의 조기진압을 통한 설비의 보호관점에서 발전설비의 중요도와 방호공간에서의 화재위험성이 우선적으로 평가되어야 그에 상응하는 적절한 방호수단을 결정할 수 있도록 발전시설(특정소방대상물별)에 대한 세부 규정이 수립되어야 한다.

(2) 소방시설의 방호수준

소방법령에는 특정소방대상물별로 설치되어야 하는 소방시설을 선정하도록 되어 있으나 소방시설의 방호수준이 규정되어 있지 않다.

예를 들어 업무시설이나 발전시설에는 피난설비를 설치해야 하며, 피난유도등, 통로유도등, 유도표지 및 비상조명등이 화재안전기준^(10,11)에 따라 설치하여야 한다. 그러나 특정소방대상물에 대한 세부규정이 없는 상태에서 화재안전기준에도 특정소방대상물에 따른 방호수준이 설정되어 있지 않으므로 업무시설이나 발전시설에는 동일한 수준의 피난설비가 설치되고 있다.

작업자의 인구밀도가 낮은 발전시설에는 불특정 다수의 인원이 상주하는 업무시설에 비하여 완화된 피난설비 규정을 적용하는 것이 합리적이므로 특정소방대상물별 소방시설의 방호수준을 차등 적용할 수 있는 방안이 수립되어야 한다.

(3) 소방시설의 화재안전기준

스프링클러 소화설비는 방호공간의 화재위험성을 고려하여 설비의 목적에 적합한 양의 소화수를 분사시켜야 한다. 위험물안전관리법령에 강화된 요건이 있지만 화재안전기준⁽¹²⁾에서는 방수량을 건물의 용도(랙크실 창고, 아파트, 내화구조 등)에 따라 결정하도록 요구하고 있다.

원자력발전소는 내화구조이므로 스프링클러 헤드의 수평거리는 2.3 m로 결정되지만 방호공간의 화재특성을 고려하여 방수량(또는 헤드간 거리)이 결정되어야 스프링클러의 화세제어 또는 화재진압 등 요구하는 성능을 발휘할

수 있다.

또한, 소방법령에서는 일반적으로 방수량이 80 lpm인 표준형 스프링클러 헤드를 사용하도록 하고 있다. 현재 원자력발전소에서는 NFPA에 따른 방수밀도를 만족시키기 위하여 헤드간 간격을 조정하고 있다. 그러나 스프링클러 헤드의 방수량이 고정되어 있어 설치되는 헤드의 수는 증가하지만 상부에 케이블트레이나 덕트로 인하여 설치공간은 부족한 상황이다. 따라서 방호공간의 화재 특성에 따라 다양한 종류의 스프링클러 헤드(ESFR, QRES, QR, Large Drop etc.)를 선정할 수 있는 방안이 수립되어야 한다.

이산화탄소 소화설비 및 청정소화약제 소화설비 등 가스계 소화설비의 성능은 소화약제의 농도를 유지하는 것이 매우 중요하다. 개구부가 약제농도에 미치는 영향은 이미 오래 전에 방호공간이 작을수록 증가하는 것으로 평가되었다⁽¹³⁾. 그러나 방호공간의 크기와 무관하게 설정된 화재안전기준의 약제량 보충요건은 변경되지 않았으며, Door Fan Test 등 방호공간의 밀폐도를 확인하는 요건이 규정되어 있지 않다.

자동화재탐지설비의 화재안전기준⁽¹⁴⁾에는 부착높이별 설치가능한 감지기의 종류와 설치간격 등에 기본적인 사항이 규정되어 있다. 그러나 최근 설치되고 있는 아날로그 감지기를 사용한 R형 자동화재탐지설비에 대한 세부규정이 설정되어 있지 않다. 또한, 소방시설 자체점검사항 등에 관한 고시⁽¹⁵⁾에도 새로운 설비에 대한 성능을 확인하는 세부규정이 제시되어 있지 않아 원자력발전소 자동화재탐지설비 점검항목으로 P형 설비에 적합한 도통시험이 포함되어 있는 실정이다.

따라서 적절한 성능이 확보된 소방시설이 설치되고, 성능이 향상된 최신의 설비가 적합하게 설치될 수 있도록 화재안전기준은 필요한 요건을 상세하게 규정하여야 하며, 최신의 상태로 유지할 필요가 있다.

3.3 KEPIC FPN의 화재방호 규정

경수로형 원전 규제지침 10.6에서는 원자로의 안전정지와 방사성물질 누출제한 관점에서의 화재방호에 대한 사항만 기술하고 있는 반면에 KEPIC FPN에는 인명안전과 재산보호 관점을 포함한 발전소 전체 지역의 화재방호에 대한 사항이 종합적으로 규정되어 있다(Figure 2 참조). KEPIC FPN은 원자력발전소에 특화되어 있으나 일반 산업체에서 통용되는 수준의 규정이 제시되어 있으며, 규제지침에는 원자로 안전정지 관점에서 강화된 요건들이 제시되어 있다.

KEPIC FPN은 발전소 설계 시 고려사항으로 화재관점에서의 건물배치, 건설자재에 대한 사항을 포함하여 피난, 배연 및 비상조명에 대한 최소 요건을 규정하고 있으며, 방호공간별로 화재위험성을 확인하고 그에 상응하는 방호수단을 규정하고 있다.

KEPIC FPN 804에서 원자력발전소의 발전에 관계되는



Figure 2. Relationship between Nuclear Safety Law, National Fire Protection Law and KEPIC FPN 803/804.

대부분의 시설을 화재위험성이 보통 이하 수준이며 종사자 인구밀도가 낮은 특수목적 산업거주시설로 규정하고 있다. 인명안전과 관련하여 식당, 회의실, 사무실 구역, 창고 및 저장소 등을 포함한 발전시설에서의 정비기간 및 연료교체 기간에 다수의 작업자에 대한 안전을 위하여 NFPA 101, Life Safety Code⁽¹⁶⁾을 충족시키도록 요구하고 있다. NFPA 101에서는 기본적인 대피수단 및 비상조명에 대한 요건을 규정하고 있으며 시설의 특성을 고려하여 요건을 강화하거나 완화된 규정을 적용하도록 하고 있다. 예를 들어 특수목적 산업거주시설의 경우 작업자의 상주여부에 따라 비상조명에 대한 면제조항이 설정되어 있다.

소화설비와 관련하여 KEPIC FPN 804에서는 원자력발전소를 다음과 같이 총 27개의 건물 또는 방화지역으로 구분하여 건물 또는 방화지역별 화재위험성을 확인하고 그에 상응하는 방호수단 및 소화설비 및 경보설비를 설치하도록 요구하고 있다.

- 원자력발전소 관련 설비: 원자로 건물, 제어실 구역, 케이ابل 포설실, 전산실, 스위치기어실 및 계전기실, 축전지실, 비상디젤발전기실, 안전관련 펌프실, 신연료 저장구역, 사용후 연료 저수조 구역, 방사성폐기물 및 제염지역, 안전성 관련 물탱크

- 일반산업설비: 터빈건물, 변압기, 디젤연료저장 및 이송구역, 아세틸렌-산소 가스, 이온교환수지 저장구역, 위험화학물 저장구역, 냉각탑, 문서보관구역, 창고, 소방펌프실, 보조보일러, 사무실-공작실 및 창고지역, 모의장치, 기술지원 및 비상대응센터, 취수구 구조물

예를 들어 원자력발전소의 터빈건물에 대한 화재방호요건은 화력발전소에 적용되고 있는 NFPA 850⁽¹⁷⁾에서 제시하고 있는 바와 같이 발전기 냉각용 수소, 터빈발전기 베어링 및 윤활유 저장과 관련된 화재위험성으로부터 방호할 수 있도록 규정되어 있다. 그러나 화력발전소의 경우 터빈 발전기 베어링에 대한 살수밀도는 10.2 mm/min이나 원자력발전소의 경우 12.2 mm/min으로 강화되었으며, 추

가적으로 안전관련 장치가 있는 인접구조물과 3시간 이상의 내화등급을 가진 내화방벽으로 격리를 요구하고 있다.

스위치기어실 및 계전기실에는 연기감지기 및 관련 경보설비와 옥내소화전 및 소화기에 대한 규정이 제시되어 있다. 국내 소방법령에서는 면제조항을 포함하고 있지만 바닥면적이 300 m² 이상인 경우 물분무등 소화설비를 설치하도록 요구하고 있다. 경수로형 원전 규제지침 10.6에서는 원자로 안전에 중요한 스위치기어실에 자동식 소화설비를 설치하도록 요구하고 있다.

이와 같이 KEPIC FPN에는 국내 소방법령에서 요구하고 있는 방호수준과 상이한 요건도 있으나 원자력발전소의 방호공간별 특성을 고려한 화재위험성을 확인하고 그에 상응하는 방호수단을 제시하고 있다.

4. 원전 화재방호 규정 개선방안

4.1 개선 필요성 및 방향

원자력안전법과 소방법령의 목적에는 원자력발전소의 화재방호 목표를 명확하게 구분하여 기술하고 있다. 원자력안전법에서는 방호공간별 안전정지와 관련된 설비의 배치 요건 및 화재방호 수단이 제시되어 있으며, 화재위험도 분석을 통하여 원자로의 안전정지 기능을 확인하도록 요구하고 있다. 소방법령에서도 인명안전 및 재산보호 측면에서의 방호수단이 제시되어 있으므로 원자력발전소는 두 개의 법령에 따라 설계되어야 한다.

그러나 소방법령에서 제시되어 있는 화재방호 수단은 업무시설과 같은 인명안전을 중점으로 다루어야 하는 일반 건축물에 적합하게 설정되어 있으므로 원자력발전소와 같은 산업시설에 설치되어야 하는 소방시설의 선정방법과 방호수준을 합리화할 방안이 필요하다. 최근에 제기한 개선방안으로 원자력발전소를 원자로 및 관계시설과 일반시설로 구분하여 적용법령을 규정하는 방안이나 성능위주설계를 도입하는 방안은 원전 화재방호 목표의 다양성과 성능위주설계 평가 방법론의 정립 등으로 인하여 많은 문제점이 발생할 수 있다.

반면에 KEPIC FPN은 원전의 화재방호 목표에 따라 건물의 배치, 방호공간별 화재위험성 확인 및 방호수단을 상세하게 제시하고 있는 국제적으로 통용되고 있는 기준이므로 국내 원전에 대한 적용성 평가를 통하여 국내 원전에도 적용하는 것이 바람직하다.

4.2 KEPIC FPN 적용성 평가

4.2.1 방호수준 적절성 평가

NFPA 101에는 건물내 인명의 상주여부를 고려하여 비상조명과 같은 피난설비에 대한 면제요건이 제시되어 있다. 소방법령에는 발전시설의 특성을 고려하여 차등적용할 수 있는 규정이 없다.

또한, 소방법령에서는 바닥면적이 300 m² 이상인 전기

실에 물분무등 소화설비를 설치하도록 규정하고 있다. 경수로형 원전 규제지침 10.6에는 안전정지와 관련되는 전기설비의 경우 자동식 소화설비로 보호하도록 요구하고 있지만, KEPIC FPN 804에서는 소화기와 옥내소화전에 대한 설치요건만 규정되어 있다.

이와 같이 국내에서 적용하고 있는 방호수준이 KEPIC FPN에서 요구하고 있는 방호수준과 차이가 있으므로 원자력발전소의 방호공간별 국내원전에 적합한 방호수준을 설정할 필요가 있다.

4.2.2 기준체계 상이성 평가

KEPIC FPN은 미국화재보호협회(NFPA)의 하나의 표준(Standard)을 번역한 것으로 원전에 설치되는 소방시설은 NFPA 표준(또는 KEPIC FPC)을 따르도록 하고 있다.

NFPA 표준(또는 KEPIC FPC)은 설비의 다양성과 설계의 상세성을 확보하고 있으므로 소방기술자의 입장이 반영된 성능관점의 설계가 가능하다. 그러나 소방법령에 의거한 사양위주설계에 익숙한 국내의 현실을 감안하면 KEPIC FPN에 준하는 규정이 또 하나의 사양위주설계 요건으로 전락할 수 있다는 것이 가장 우려된다.

따라서 KEPIC FPN의 적용성 평가 시 소방시설의 개선 가능성을 확보할 수 있도록 다양성과 상세성이 확보된 소방시설에 대한 기술기준이 적용될 수 있는 방안이 수립되어야 한다.

또한, 소화설비 및 기기의 검증, 건축자재 성능시험 등 다각적인 분야에 대한 종합적인 검토를 통하여 국내 현실에 적합하게 수정되어야 한다. 특히 기기의 검증 및 건축자재의 성능시험에 대한 기준은 최신으로 유지되어야 한다. 예를 들어 내화전선의 성능인증과 관련한 기준은 지속적으로 개선되고 있으나⁽¹⁸⁾ 국내 기준⁽¹⁹⁾은 1974년 제정된 IEEE-383⁽²⁰⁾에 근거를 두고 있는 것이 현실이다.

4.2.3 소방시설에 대한 기술기준

KEPIC FPN에는 원자력발전소에 설치해야 하는 소화설비 및 경보설비가 지정되어 있지만 미분무 소화설비가 지정되어 있지 않다. 이산화탄소 소화설비에 대한 인명피해 우려가 있으나 미분무 소화설비는 질식 및 냉각에 의한 소화기능을 가지고 있어 가스계 소화설비를 대체할 수 있는 소화설비로 각광을 받고 있다. 원자력발전소의 경우 방호공간이 규격화되어 있어 용이하게 적용할 수 있을 것이다. 경수로형 원전 규제지침 10.6에도 미분무 소화설비를 사용할 수 있도록 규정하고 있다. 소방법령에서도 최근 미분무 소화설비에 대한 화재안전기준⁽²¹⁾이 제정되어 있다.

KEPIC FPN을 사용하기 위하여 선결되어야 하는 또 하나의 문제점은 소화설비의 기술기준을 결정해야 한다. 옥내·외 소화전의 경우 국내 환경에 적합하게 방수압 등이 설정되어 있으므로 소방방재청의 고시(화재안전기준)에

따라 설치하는 것이 적합한 것으로 평가된다.

다만 자동식 소화설비에 대한 화재안전기준은 주로 설계에 관하여 기본적인 사항만 기술되어 있다. 화재안전기준에서 설정하고 있는 스프링클러 헤드 간격(방수밀도), 가스계 소화설비 설계농도 등과 같은 방호수준이 NFPA의 표준에 비하여 낮은 것은 아니나 원자력발전소에 적절한 소화설비가 설치되고 운영되기 위해서는 상세한 규정이 포함되어 있는 기술기준이 필요하다. 따라서 자동식 소화설비의 설계 다양성 확보, 설계 적절성 평가, 최신 설계 도입 등을 위하여 관련된 KEPIC FPC를 보완하여 적용하거나 화재안전기준의 개정과 같은 검토가 필요하다.

5. 결 론

원자력발전소는 원자력안전법의 목적에 따라 방사선에 의한 재해방지와 공공의 안전으로 도모하고, 소방법령의 목적에 따라 작업자의 인명안전과 재산보호를 위한 방호수단을 침투방어개념에 입각하여 수립하여야 한다.

최근 발표된 논문^(1,2)에서 소방법령 소방시설 설치기준의 원자력발전소 적용상 문제점을 해결하기 위하여 시설별 적용법령을 규정하거나 성능위주설계 방법을 제안하였으나, 원자력발전소 화재방호 특성상 일괄적인 규제방법은 적합하지 않거나 이행에 어려움이 있다.

KEPIC FPN에서는 원자력발전소의 방호공간별 화재위험성을 확인하고 그에 상응하는 방호수단을 구체적으로 제시하고 있으므로 원자력발전소 소방시설 설치기준으로 적용하는 것이 바람직하다. 다만 국가별로 요구하고 있는 소방시설의 방호수준이 상이하므로 이에 대한 적절성 평가가 수반되어야 한다.

또한, 사양위주설계에 익숙한 국내 현실을 벗어나기 위해서는 원자력발전소의 소방시설 설치기준을 수립함과 동시에 성능관점의 설계가 가능성을 확보할 수 있도록 상세한 소화설비의 기술기준이 필요하다. 따라서 최소한 자동식 소화설비에 대하여 소방법령의 화재안전기준(NFSC)을 보완하거나 또는 KEPIC FPC를 원자력발전소의 소방시설에 대한 기술기준으로 사용할 수 있는 규정이 제정되어야 한다.

또 다른 중요한 요소는 원전을 수출하고 있는 상황에서 국제 수준에 부합하는 소방시설 설치기준 및 기술기준이 최신의 기술이 반영된 기준으로 유지할 수 있는 관리체계가 필요하다. 특히 성능시험과 같은 요건은 사업자가 자발적으로 개선을 요구하지 않으므로 규제권한을 가지고 있는 기관의 책임 하에 개정관리가 수행되어야 한다.

후 기

본 연구는 한국원자력안전위원회의 연구개발기금의 지원을 받아 수행되었으며 관계제위께 감사드립니다.

참고문헌

1. J. S. Ma and K. O. Kwon, "A Study on Proposals for Improving the Fire Protection Regulations for Nuclear Power Plants", *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 24, No. 4, pp. 116-122 (2010).
2. J. S. Ma and E. P. Lee, "A Study on the Needs to Improve the Regulations and the Design Features of Fire Protection for UAE Nuclear Power Plants", *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 25, No. 5, pp. 54-61 (2011).
3. J. Y. Lee and O. S. Baek "The Legal Problems and Improvement in the Performance Based Design of Fire-fighting", *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 24, No. 1, pp. 54-63 (2010).
4. Notice of NEMA 2011-68, Performance Based Design Method and Technical Standard for Fire Protection Facilities.
5. KEPIC FPN 803, Standard for Fire Protection for Light Water Nuclear Power Plants (2010).
6. KEPIC FPN 804, Fire Protection for Advanced Light Water Reactor Electric Generating Plants (2010).
7. Regulatory Guideline for Light Water Reactor 10.6 Fire Protection at Nuclear Power Plant.
8. Notice of NSSC 2012-22, Technical Standards for Fire Hazard Analysis.
9. Notice of NSSC 2012-13, Guidelines for Application of Korea Electric Power Industry Code (KEPIC) as Technical Standards of Nuclear Reactor Facilities.
10. Notice of NEMA 2012-130, NFSC for Illumination of Sign and Directional Signs as Marking of Means of Egress (NFSC 303).
11. Notice of NEMA 2012-131, NFSC for Emergency Lighting (NFSC 304).
12. Notice of NEMA 2012-89, NFSC for Sprinkler System (NFSC 103).
13. S. M. Park, B. K. An and M. K. Kim, "Compensation for leakage by Mixing Mode in Total Flooding Gaseous Systems", *Proceedings of 2004 Autumn Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering*, pp. 160-167 (2004).
14. Notice of NEMA 2012-91, NFSC for Automatic Fire Detection System (NFSC 203).
15. Notice of NEMA 2012-7, Notice on Self-Inspection Method and Maintenance for Fire Protection Facilities.
16. NFPA 101, Life Safety Code.
17. NFPA 850, Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations.
18. IEEE 1202, "IEEE Standard for Flame Testing of Cables for Use in Cable Trays in Industrial and Commercial Occupancies", IEEE, Piscataway, NJ.
19. Notice of NEMA 2012-28, Technical Standard on Performance Certification and Inspection of Fire-Rated Cables.
20. IEEE 383, "IEEE Standard for Type Test of Class IE Electric Cables, Field Splices, and Connections for Nuclear Power Generating Stations", IEEE, Piscataway, NJ.
21. Notice of NEMA 2011-29, NFSC for Water Mist Fire Protection Systems.