

## UAE원전 화재방호계통 설계특성과 화재방호규제 개선 필요성 연구 A Study on the Needs to Improve the Regulations and the Design Features of Fire Protection for UAE Nuclear Power Plants

마진수 · 이의평<sup>†</sup>

Jin-Soo Ma · Eui-Pyeong Lee<sup>†</sup>

전주대학교 소방안전공학과  
(2011. 7. 8. 접수/2011. 10. 4. 수정/2011. 10. 7. 채택)

### 요 약

UAE(United Arab Emirates) 원전(원자력발전소)의 수출을 목적으로 UAE, 미국, 일본, 한국의 원전 화재방호규정을 상호 비교 검토하였다. UAE를 포함하여 미국, 일본의 원전 화재방호규정은 화재하중에 따른 화재위험도 분석결과에 따라 소화설비를 설치하도록 규정하고 있다. 반면, 우리나라는 소방관계법에서 원전을 발전시설로 구분하고 있으나, 원자력법에서는 원자로 및 관계시설로 분류하고 있고, 각 법률간 화재방호 설계기준도 상이하다. 앞으로 우리나라가 원전 수출국의 지위를 지속적인 유지하기 위해서는 화재 위험도분석의 결과가 설계에 반영될 수 있어야 한다. 결론으로, 국내 소방관계법이 원전의 특수성을 반영하기 위해서는 소방시설공사업법 시행령 제2조 2항의 성능위주설계를 해야 할 특정소방대상물에 원전이 추가되어야 함을 제안하였다.

### ABSTRACT

The study is to analysis of fire protection regulations for the nuclear power plants (NPP) in the United States, Japan, the UAE (United Arab Emirates), and Korea with the intention of exporting NPP to the UAE. Fire protection regulations for NPP for these countries permit the fire protection design and facilities in accordance with the evaluation of the potential fire hazards. However, in Korea, the NPP is a part of power generation facilities in Korea fire protection law, and the atomic energy act classifies them as the reactor and related nuclear facilities. The fire protection law and atomic energy act are different to the criteria for the fire protection of NPP. To maintain the leading position as a nuclear exporting country, the performance-based fire hazard analysis should be reasonably incorporated in the design of the fire protection system. It was suggested that the integrated requirements of the fire protection for NPP should be incorporated to the construction article for the fire protection facilities specified in paragraph 2 of Act II, being classified into the special objects to be protected against fire, which requires a performance-based design in order to incorporate the specific requirements for NPP.

**Key words :** UAE, Nuclear power plants, Fire protection regulations, Fire hazard analysis

### 1. 서 론

우리나라 최초의 원자력발전소인 고리원자력발전소 1호기가 지난 1978년 4월 29일 상업운전에 들어간 이래 2009년 12월 27일 한국전력공사는 아랍에미리트연합(UAE)과 최초의 해외원자력발전소 건설계약을 체결하였다. UAE원전 수주는 우리가 원자력발전소 상업운

전을 시작한지 31년 만에 세계의 우수한 선진기업들을 물리치고 대규모 원전건설 사업권을 따냈다는 점에서 더욱 의미 깊었던 사건이었으며, 한편으로 에너지산업에서 최고 수준의 기술력을 인정받은 것은 원자력 산업계뿐만 아니라 모든 국민의 자긍심을 높여주기에 충분하였다. UAE원전은 1400 MWe급의 한국형 신형경수로(APR1400)로 건설되며, 내진기능 강화와 능동형과 피동형 안전계통의 장점만을 통합한 복합안전계통이 채택되어 안전성과 경제성을 더욱 향상된 제3세대 신

<sup>†</sup>E-mail: kr-fire-chief@hanmail.net

형원전이다. UAE원전의 수주 이유로는 우리나라가 원전의 설계, 제작, 건설 및 운영 등에 대해 풍부한 경험을 보유하고 있을 뿐만 아니라 단일화된 원전사업 인프라가 구축되어 있고, 원전건설을 중단한 해외 선진국과 달리 원전을 지속적으로 건설하여 기술을 발전시켜 온 것에 기인한다고 할 수 있다.

본 논문에서는 UAE원전의 화재방호 설계특성을 제시하고, UAE 원전수출을 계기로 APR1400노형의 최적 화재방호 설계를 위해 규제 관점에서 개선 필요성과 규제 방향을 도출하고자 한다.

## 2. UAE 원전 화재방호 설계특성

### 2.1 UAE원전 사업개요

UAE원전 수출사업은 한국이 원전 건설 및 운영 기술을 집대성해 독자 개발한 차세대 표준형 원전인 APR1400 신형경수로 4기를 아랍에미리트연합에 수출하는 사업이다. Figure 1의 APR1400 노형 단면도와 같이 APR1400은 1992년부터 10여년간 국가선도 기술개발사업을 통해 국내 기술진이 개발한 제3세대 신형원전으로서 신고리3,4호기에 적용되었던 모델이다.

APR1400은 한국표준형원전(OPR1000)의 설계, 건설, 운영 및 정비를 통해 축적된 경험과 기술을 기반으로 신개념 기술을 도입하여 안전성, 경제성, 운전 및 정비 편의성을 향상시킨 노형으로, 원자로 등 주요설비의 성능 개선을 통해 원전 수명이 기존 40년에서 60년 까지 연장시켰다. 또한 강한 지진에도 견딜 수 있도록 원자로건물과 보조건물을 공동기초로 설계하여 SSE\* 0.3 g 인 지진에도 주요 구조물 및 기기는 안전 기능을 발휘

### Advanced Power Reactor 1400

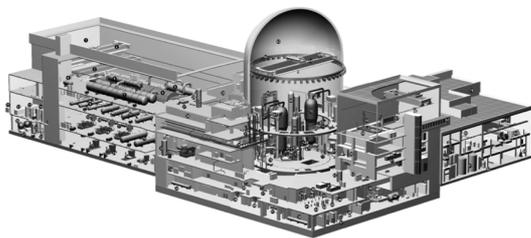


Figure 1. Sectional view of APR1400.

\* 안전정지지진(SSE, Safe Shutdown Earthquake) : 발전소 안전성 유지기능을 직접적으로 담당하고 있는 구조물, 계통 및 기기가 지진 발생시에도 기능을 발휘할 수 있도록 부지 특성에 맞게 고려된 지진의 최대강도 설계값.

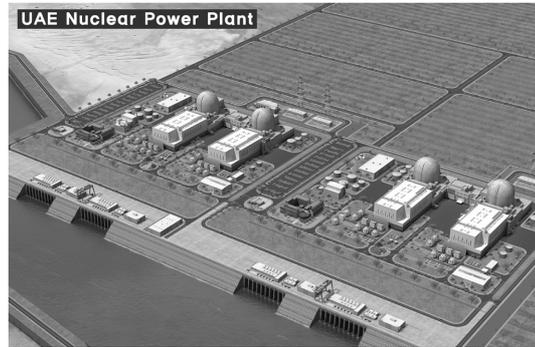


Figure 2. Bird's-eye view of UAE nuclear power plant.

할 수 있다. 0.3 g는 리히터 규모 8에서도 안전하게 원전을 정지시킬 수 있다는 것을 의미하며, 기존 OPR1000이 리히터 규모 6.5(0.2 g)인 것과 비교하면 내진 안전성이 크게 향상된 노형이다.

UAE원전은 UAE 수도 아부다비(Abu Dhabi)에서 서쪽으로 270 km 떨어진 브라카(Braka)지역에 건설되던 2011년부터 공사가 시작돼 2017년 5월에 준공될 예정이며, 매년 2기씩 추가 준공하여 2020년까지 4기가 모두 건설될 예정이다. Figure 2는 UAE원전의 각 호기의 배치형태를 보여주는 그림이다.

### 2.2 UAE원전 화재방호 설계기준

UAE원전의 화재방호 계통은 기본적으로 원자로 안전에 중요한 구조물, 계통 및 기기를 화재의 영향으로부터 보호하고, 방사성물질의 소의 누출을 유발하는 화재로부터 경제적, 인적 손실을 최소화하기 위하여 조기에 화재를 진압하기 위한 목적으로 설계된다.

UAE원전의 화재방호계통 설계는 한전(KEPCO)과 UAE원자력공사(ENEC, Emirates Nuclear Energy

Table 1. Fire Protection Regulation of SKN 3&4 and UAE Nuclear Power Plant

구분	신고리3, 4호기	UAE원전
자국 규정	- 한국소방관계법 - 한국 원전안전 심사지침 9.5-1	- UAE Law - UAE FANR Regulation FANR-REG-03
해외 규정	- 10CFR50.48 - Regulatory Guide 1.189 - NRC BTP CMEB 9.5-1 - NFPA Code	- 10CFR50.48 - Regulatory Guide 1.189 - NRC BTP CMEB 9.5-1 - NFPA Code

Corporation)가 체결한 주계약서에 따라 자국규정인 UAE Law와 미국 연방법 10CFR50.48, 미국 원자력위원회(NRC, Nuclear Regulatory Commission)의 BTP CMEB 9.5-1, Reg. Guide 1.189 및 관련 NFPA Code를 준수하여 설계한다. UAE원전의 화재방호규정은 UAE원전의 참조발전소로 결정된 우리나라의 신고리3, 4호기와 일부 상이하하며, 이는 설치지역이 우리나라와 다른 UAE에 건설되는 원전이기 때문이다. Table 1은 신고리3, 4호기와 UAE원전에 적용되는 화재방호 규정을 비교한 표이다.

### 2.3 UAE Law

UAE는 7개의 에미리트가 모인 연방국가이기 때문에 각 에미리트는 준 독립국가처럼 독자적 관할구역과 관할권을 행사하고 있다. UAE Law는 미국의 연방법과 주법의 구조와 유사하게, 연방법과 각 에미리트 법령으로 구성되며, 법규의 우선순위는 1) 샤리아(Sharia), 2) 연방헌법(Federal Constitution), 3) 연방법(Federal Laws), 4) 각 에미리트법(Abu Dhabi Laws, Dubai Laws, Sharjah Laws 등)의 순서로 중요도를 갖는다. 샤리아 법령은 최상위법으로써 종교적 생활규범 가운데 상속, 이혼, 자녀 양육권 등의 가족문제만을 규정하고 있으며, 연방국가에 영향을 주는 노동관계, 해양문제, 상거래, 지적재산권 등의 법은 연방법으로 제정되어 있고, 각 에미리트에서는 입법, 사법, 경제법 분야 등의 고유 자치법 만을 가지고 있다.

소방관련 기관으로는 1976년에 설립된 각 에미리트의 Civil Defence가 있으며, Civil Defence는 소방인허가의 실질적인 정부기관으로써 화재 및 인명안전에 대한 전체적인 계획, 피난, 구조 등에 대한 규제와 활동을 담당한다.

UAE원전에 적용되어야 하는 UAE 소방관계 법률은 연방법에 포함되어 있으며,<sup>1)</sup> 크게 연방장관이 제정한 소방법령과 Civil Defence 총국이 제정한 소방법령으로 구분되고, 각 에미리트에서는 별도의 소방법령을 만들지 않고, 연방법의 소방법령을 준수한다. 연방장관령의 “Protection from Fire Hazards”는 공공시설 및 사유시설의 화재위험에 대한 보호에 관한 내용을 규정하고 있으며, Civil Defence 총국령의 “Conditions of Protection from Fire”는 건축부지, 건축재료, 피난기준, 화재경보, 소화설비 등에 대해 상세 내용을 규정하고 있다.

UAE원전이 UAE 아부다비의 Braka 지역에 건설되므로, 소방인허가 취득을 위해서는 법률적 승인권한을 가지는 Abu Dhabi Civil Defence(ADCD)에 소방인허가를 신청하여야 하며, 건설관리, 건축재료, 피난방법,

설계변경에 관한 모든 사항도 ADCD에서 담당한다. ADCD는 소방과 관련된 설계기준의 해석 및 판단의 유일한 권한을 가지고 있는 정부기관이며, 인허가 과정의 모든 행위를 감독하고 준공완료된 건축물의 시정 명령 권한도 가지고 있다.

### 2.4 FANR Regulation

UAE의 원자력 관련기관으로는 UAE 에너지부, ENEC, FANR(Federal Authority for Nuclear Regulation of the UAE) 등이 있으며, UAE 에너지부는 산하에는 각 에미리트 수전력청(Water & Electricity Authority)이 있다.

2009년 12월 UAE정부는 원자력의 평화적 이용과 UAE원전 건설을 위해 정부조직인 ENEC를 승인하였다. 또한, ENEC를 승인과 동시에 원자력설비의 안전 규제를 담당하기 위한 FANR을 설립하였으며, 원전의 화재방호 지침인 FANR Regulation을 제정하였다<sup>2)</sup>. Figure 3은 FANR의 조직도이며, Nuclear Safety 분야에서는 원전의 화재안전성을 심사한다.

UAE 원자력관련 법률은 아부다비 에미리트에서 2009년 6호 연방법령으로 승인하였으며, 법률 하부에 Regulatory Guide와 Regulation 규정을 제정하였다. Regulation 가운데 FANR-REG-03(Regulation for Design of Nuclear Power Plants)은 원자력발전소의 설계 규제 지침이며, 제15장에는 연기, 화재 및 폭발의 설계요건을 제시하고 있는데, 주요내용으로는 안전성 관련구조물 및 기기는 화재사건으로부터 보호받을 수 있도록 설계되어야 함을 규정하고 있으며, 해외 원자력 발전소 건설 국가의 규정과 동일하게 화재위험도분석(Fire

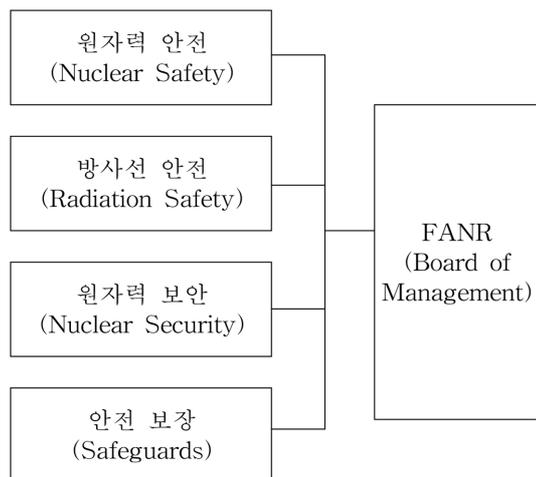


Figure 3. Organizations for FANR in UAE.

Hazard Analysis)을 통하여 화재감지, 소화설비 및 원전에 필수적인 안전설비가 설치하도록 요구하고 있다. 현재까지 ENEC과 FANR은 원전의 기본적인 화재방호 규제지침 외에 일반 피난, 소방안전 사항은 추후 ADCD와 상호 협의하여 각 사안별로 해결할 계획으로 알려져 있다.

**2.5 Fire Hazard Analysis**

화재위험도분석은 화재발생시 원자로의 안전정지능력을 확보하고 환경으로의 방사성물질 누출가능성이 최소화됨을 입증하기 위하여 각 방화지역별 가상 화재에 대한 위험성을 검토하고 화재예방 및 화재방호조치가 적합한지 평가하기 위한 정량적 또는 정성적인 위험도분석이다. NRC BTP CMEB 9.5-1에 따르면,<sup>3)</sup> 화재위험도분석의 내용에는 각 방화지역 가연성물질의 종류와 화재하중의 크기, 설계기준화재 평가, 설계된 화재진압설비의 적정성 등의 분석 내용이 포함된다.

FANR-REG-03의 규정에 따라 UAE원전도 참조발전소인 신고리3,4호기와 동일하게 화재위험도분석을 통하여 설계된 소화설비의 적정성이 검토될 예정이다.

**2.6 UAE원전 화재방호계통 구성**

UAE원전의 화재방호계통의 주요 소화설비는 상기 여러 화재방호 규정에 따라 아래와 같이 설계된다.

**2.6.1 소화용수 공급계통**

UAE원전 수계소화설비는 원자로 안전정지와 관련되지 않는 비안전성 지역의 화재방호를 위한 비내진 소화용수 공급계통과 안전성관련 기기가 설치된 지역의 화재방호를 위한 내진 소화용수 공급계통으로 분류된다. 비내진 소화용수 공급계통은 자동소화설비의 최대설계요구량과 수동소화전의 동시 방사설계요구량을 2시간 공급하는 것을 기준으로 산정하며, 3대의 주 소

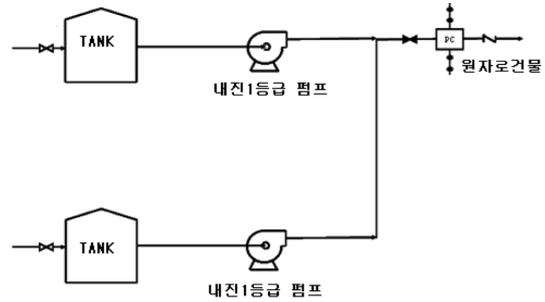


Figure 5. Seismic fire water system.

화펌프와 1대의 충압펌프, 200% 용량의 저장탱크로 구성된다. 원전 소화용수 공급계통의 설계시 100% 용량이라 함은 통상 2개호기 원전내에서 사용하는 수계 자동소화설비의 최대설계요구량과 수동소화전(옥외/옥내소화전)이 동시에 사용할 때의 유량이다. Figure 4는 비내진 소화용수 공급계통의 계통도이다.

내진등급 소화용수 공급계통은 안전정지지진 사고 발생시 발전소 안전정지에 필요한 기기가 설치된 지역의 수동 화재진압을 위해 소화전에 소화용수를 공급하기 위해 설치되며, 2대의 내진1등급 소화펌프와 200% 용량의 내진1등급 저장탱크로 구성된다. Figure 5는 내진 소화용수 공급계통의 계통도이다.

**2.6.2 수계 및 가스계 소화설비**

UAE원전의 수계 소화설비는 원전 각 방호구역의 목적과 화재위험성의 특징을 고려하여 스프링클러 소화설비, 물분무 소화설비, 옥내 및 옥외소화전설비 등을 화재방호 요건에 따라 설계하고, 가스계 소화설비는, 저압식 이산화탄소 소화설비, 청정소화약제 소화설비 등이 포함된다. 각각의 소화설비는 설계 과정에서 화재위험도분석에 따라 적합성이 판단되어진다.

**3. 원전 화재방호규제 개선 필요성**

**3.1 신고리3, 4호기 소방설비 설계**

한전과 UAE원자력공사는 UAE원전의 참조발전소를 신고리3, 4호기로 결정하고 주계약서에 따라 신고리3, 4호기의 최신 설계결과를 반영하도록 계약을 체결하였다. 현재 참조발전소인 신고리3, 4호기는 2013년 9월 및 2014년 9월에 3호기와 4호기의 준공을 목표로 건설되고 있다.

신고리3, 4호기는 국내 울산광역시 울주군에 건설되는 최초의 APR1400원전으로서 원자력법을 비롯하여

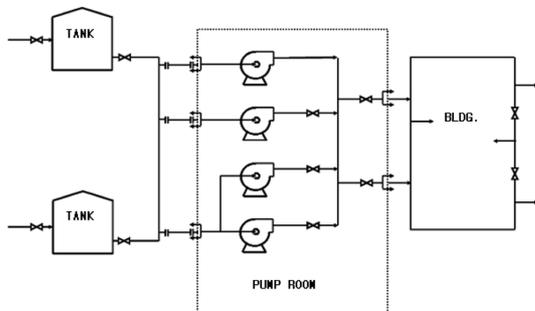


Figure 4. Non-seismic fire water system.

국내 소방관계법과 전기사업법, 전원개발촉진법 등의 여러 법률이 적용된다. 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 별표2에 업무시설의 발전소 범위는 동사무소, 오피스텔 등과 함께 원자력발전소를 포함하므로, 신고리3, 4호기 원전은 소방 법률에 따라 업무시설에 적합한 소방시설이 설치되어야 한다. 그러나 원전은 일반적인 업무시설의 구조와 달리 원자로 안전정지 구동, 방사선 소외누출 관리 등을 위해 지하층, 무창층 구조가 많고 방사성 폐기물 처리 한계로 인해 수계, 가스계 소화설비의 설치 불가능한 지역이 구조적으로 존재함에도 불구하고 업무시설 규정에 명시된 소방시설이 설치되어야 하는 문제점이 있다. 화재위험도분석을 전제로 하는 국내 원자력법 규정과 다른 소방관계법의 적용방식의 차이점은 극단적으로 방사성물질의 존재와 무관하게 원자로 건물 내부에 스프링클러설비의 설치를 요구하는 경우도 발생시키게 한다. 원자로건물 내에 스프링클러 설치는 원자로건물이 갖는 높은 층고(약 60m)의 구조적 특성상 설치가 불가하고, 스프링클러 방사로 인한 방사성 물질의 외부누출 가능성도 있어 원자력법에서 규정한 방사성 물질의 누출방지 취지에도 적용이 불가능하며, 세계적으로도 원자로건물 내부에 설치된 사례가 없다.

이러한 설계의 문제점을 해결하기 위해 한수원은 소방방재청의 중앙소방심의위원회 안전상정을 의뢰하였고, 2010년 7월 개최된 중앙소방심의위원회에서는 신고리3, 4호기 소방설계를 원자력법에 의한 특수설계로 인정하였으며, 소방방재청은 소방시설공사업법 제11조에 따라 해당 소방시설의 설계와 설치기준에 대하여 소방법령의 예외적 적용을 허용하였다.

### 3.2 원전 화재방호 규제 목표

원전 화재방호계통은 심층화재방어(Defense in Depth) 개념에 따라 설계한다. 화재방호계통은 화재 발생시 화재를 신속하게 감지, 진압하며, 화재로부터 안전정지에 중요한 계통을 보호하기 위해 설치한다. 결과적으로 원전에 화재가 발생하더라도 원자로에 영향을 주지 않고 방사성물질이 외부로 확산되는 가능성을 없도록 하고, 화재를 초기에 진압하여 피해를 최소화하는 것이다. 이러한 심층화재방어의 목적달성을 위하여 원전에서는 화재위험도분석, 안전정지분석<sup>†</sup>, 확률론적 안전성평가\*와 같은 성능기반 분석절차가 설계와 같이 수행되며, 이런 모든 분석과정은 화재로 인한 사고시 원자로를 안전하게 정지하고 정지상태를 유지할 수 있는 능력을 확보하도록 하고, 원전의 화재리스크를 감소하여 원전의 안전과 인명 보호를 위해 요구되는 과정이다.<sup>3)</sup>

### 3.3 원전 건설국가의 화재방호 규정 비교

원전 화재방호계통 규제 지침의 개선방향을 재고하기 위해 우리나라와 유사한 법체계를 가지고 있는 일본과 세계적으로 원전을 가장 많이 건설한 미국의 원전 화재방호 규제요건을 비교하였다.

#### 3.3.1 일본 원전 화재방호 규정

일본은 자국 소방법에서 규정하는 방화대상물의 범위에서 원전을 제외하였으며, 특별히 원전에 대해서는 원자력 기본법과 전기사업법 제62조가 발전용 원자력발전소의 규제요건으로 사용된다. 또한 발전용 원자력설비에 대한 구조 등의 기술기준은 경제산업성 고시 501조에 따라 일본전기협회(JEAG) 기술기준을 따르도록 규정하고 있으며, 원전의 화재방호 상세 기술기준은 일본전기협회 지침인 JEAG 4607<sup>4)</sup>에 상세히 기술되어 있고, 원전 방호구역에 일본전기협회 지침에 의한 소방시설을 설치할 경우, 일본 소방법 시행령 규정에 따라 해당 소방시설을 설계한다. Table 2에서 나타난 것과 같이 일본 원자력발전소의 화재방호 지침인 JEAG 4607에서는 원전의 소화설비 설치규정은 화재위험도 분석결과, 화재하중이 2시간을 초과하는 방호구역에 대해 소화설비를 설치하도록 규정하고 있다.

#### 3.3.2 미국 원전 화재방호 규정

미국은 민간주도형 국가로서 정부가 직접 화재안전 기준을 제정하지 않는 대신에 민간기관이 기술적 연구 결과를 바탕으로 Code나 Standard를 제정하고, 각 주(State)정부에서 선별적으로 해당 기준으로 채택하여 사용한다. 그러나 원전의 경우, Atomic Energy Act, 연방법(CFR)<sup>5)</sup> 조항에 의하여 미국 원자력규제위원회(NRC)에서 제정한 화재방호 규정을 준수하여야 한다. 따라서 원전 특정지역에 소방시설을 설치할 경우, 세부 기술기준은 BTP CMEB 9.5-1 및 Regulatory Guidelines 1.189<sup>6)</sup> 등의 규정과 해당 NFPA Standard에 따라 설계한다. Table 2에서 보듯이 미국의 원전 소화설비 설치 규정은 일본과 동일하게 화재위험도 분석결과에 따라 방호구역에 적절한 소화설비를 선택할 수 있도록 규정되어 있다.

<sup>†</sup> 안전정지분석(SSA, Safety Shutdown Analysis): 원자력발전소의 방화구역 내에서 화재가 발생하여도 화재 발생장소의 인접구역에서 안전정지상태를 달성하고 유지하는 데 필요한 기기의 기능이 보존됨을 입증하는 분석방법.

\* 확률론적 안전성평가(PSA, Probabilistic Safety Assessment): 원전의 설계, 운전, 정비 등을 종합적으로 고려하여 발생 가능한 모든 화재사고에 대하여 위험도를 종합적이고 체계적으로 평가하는 분석방법.

**Table 2.** Comparing the Fire Protection Regulation of Nuclear Power Plants

구분		한국	미국	일본
원전 소방 설계 기준	원자력 법규	1. 원자력법 2. 원자력법 시행령 3. 원자력법 고시	1. Atomic Energy Act 2. 10CFR50.48	1. 원자력기본법 2. 전기사업법 제62조
	소방 법규	1. 소방기본법 2. 소방시설공사업법 3. 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 4. 국가화재안전기준	-	-
원전 용도 구분	원자력 법규	원자로 및 관계시설	원자력발전소	발전용 원자력설비
	소방 법규	발전시설(원자력, 화력, 수력, 풍력발전소)	-	-
소화설비 설치 규정	원자력 법규	화재하중에 따른 화재위험도 분석결과에 따라 소화설비 설치	화재하중에 따른 화재위험도 분석결과에 따라 소화설비 설치	화재하중에 따른 화재강도가 2시간을 넘어 화재강도를 낮추어야 할 경우, 소화설비 설치
	소방 법규	건축용도 및 바닥면적에 따라 규정	-	-
심사/규제지침	원전 안전심사지침 9.5-1 <sup>12)</sup>		1. Reg. Guide 1.189 2. BTP CMEB 9.5-1	1. JEAG <sup>1)</sup> 4607(원자력발전소의 화재방호지침) 2. JEAG 4103(원자력발전소의 화재방호 관리지침)
산업기준	KEPIC, KS Standard		NFPA, ANSI Standard	JIS Standard

3.3.3 한국 원전 화재방호 규정

2011년 4월 6일 대통령령 제22880호로 개정된 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령에 의하면, 원자력발전소는 화력, 수력, 풍력발전소와 함께 특정소방대상물의 발전시설로 분류하였다. 과거 원전이 동사무소, 보건소, 경찰서, 소방서 등의 업무시설로 분류된 것과 비교하면 원전을 발전시설로 세분화된 것은 규제의 개선사항으로 판단되어지나, 화재방호 요건은 변하지 않아 다른 일반 건축물과 동일하게 원전도 건축용도 및 바닥면적에 따른 소방시설을 설치하도록 규정하고 있다. 또한, 소방관계법 전체를 살펴보면, 특수한 건축물에 대하여 소방시설공사업법 제11조와 시행령 제2조의 2항에는 성능위주 설계를 할 수 있는 특정소방대상물의 범위가 제시되어 있지만, 원전은 대상 건축물에 포함되어 있지 않다.

반면, 원자력법 제2조 8호와 동시행령 제9조에서는 원전이 발전용 원자로와 원자로 관계시설로 분류됨으로 원전은 교육과학부 고시 제2009-37호<sup>7)</sup>에 따라 화재위험도분석을 실시하고, 화재하중에 따른 화재위험도를 고려한 소화설비가 설치됨을 입증하여야 한다.

미국, 일본과 다르게 한국 내에 건설되는 원전은 원

자력법에서 규정한 화재방호 요건과 소방관계법에서 규정한 화재방호 기술기준이 동시에 적용된다. 하나의 건축물에 적용 방식이 상이한 규제가 같이 적용될 경우, 당연히 법률적 우선순위와 관계없이 모든 요건은 적용되어야 하고 규제요건은 충돌하게 된다. 원자로 안전에 영향을 주는 지역에 조차도 소방관계법의 용도 및 바닥면적 중심으로 소화설비가 설치되어야 하고, 소화설비로 인해 안전설비 작동의 불확실성과 방사선 물질의 외부 누출 가능성이 증가된다. UAE원전 사업 경험에 비추어 보면, 한국에 건설되는 원전이 소방법규의 영향에 의해 과다한 소화설비가 반영되더라도, 이는 그대로 해외 수출원전 노형 모델에 포함되어야 하고, 결과적으로 한국형 원전의 화재방호 설계는 해외 경쟁 노형과 비교하여 경제성과 최적설계에 미흡하다는 지적을 받는다. Table 2는 한국, 미국, 일본의 원전 화재방호계통 설계규정을 비교한 표이다.

3.4 미국 화재방호 규정의 변화

국내에 건설된 원전의 대부분이 미국 NRC 규정을 적용하여 설계된 것에 비추어보면, 미국의 원전 화재방호 규정의 변화는 우리나라 원전 설계에 직접적인

영향을 준다. 1990년 후반까지 원전에 적용된 결정론적 화재방호 규정은 2000년대에 개발된 위험도정보 성능기반 분석과 전산 설계기술의 도입으로 인하여 성능기반 분석으로 변화하게 된다. 2001년에는 경수로형 원전의 성능기반 화재방호 기술기준인 NFPA 805<sup>8)</sup>를 발행하였고, 2004년 미국 NRC는 연방법인 10CFR50.48을 개정하여 NFPA 805의 적용을 승인하였다.<sup>9)</sup>

공식적인 NFPA 805의 발행과 승인으로 인하여, 원전에 성능기반 화재방호 기술기준을 본격적으로 이행하는 토대가 마련되었고, 2010년에는 개량형 경수로 원전의 결정론적 기술기준인 NFPA 804<sup>10)</sup>에서 한 차원 더 나아가 개량형 경수로 원전의 건설, 운전, 정지와 해체의 모든 과정에서 적용할 수 있는 성능기반 화재

방호 기술기인 NFPA 806<sup>11)</sup>을 발행하기에 이르렀다. 이러한 기술기준의 변화는 기존 결정론적 화재방호요건의 단점인 보수성과 불확실성을 줄이고, 합리적인 방법으로 원자로 안전성기준을 확보하기 위한 방안으로 제시된 것이다. Figure 6은 NFPA 806에서 제시한 성능기반 분석 방법론을 나타낸다.

### 3.5 해외 수출형 원전의 화재방호 규정

UAE원전 수출모델인 APR1400 개발은 지난 1992년 정부가 선진 7개국 과학기술수준으로 진입이라는 목표로 추진한 국가선도 기술개발사업(G7-Project)의 하나였다. “차세대원자로 기술개발사업”이라는 명칭으로 시작된 이 사업은 정부와 산업계, 학계 등 원자력의 모든 기관이 참여한 최초의 프로젝트였고, 마침내 2002년에 우리가 독자기술로 개발한 140만 kW급 용량의 신형원전이 탄생되었다.

APR1400과 같이 해외 수출형 원전은 해외 경쟁 모델보다 경제성과 성능이 뛰어나야 할 뿐 아니라, 안전성도 향상되어야 한다. 안전성의 향상은 원전의 특수성에 부합되고, 설계된 노형에 적합한 화재방호계통 설계가 이루어져야 하므로 원전의 화재방호계통은 미국, 일본 규정과 같이 성능위주 설계를 허용할 수 있어야 하며, 방사능물질의 누출억제와 원자로 안전성능을 합리적인 방법으로 평가할 수 있는 제도적 기반이 마련되어야 한다. 화재위험도분석을 통하여 소화설비와 같은 능동형 설비(Active Fire Protection System)와 방화구획과 같은 피동형 설비(Passive Fire Protection System)를 합리적으로 상호 조합시킬 경우, 원전의 안전성과 경제성을 동시에 고려되는 최적 설계가 될 것이다.

### 3.6 한국 원전 화재방호 규제의 변화 필요성

국내 원전에 적용되는 법규의 제정 취지로 살펴보면, 소방관계법이 화재로부터 인명과 재산을 직접 보호하는 규제요건인 반면, 원자력법은 원자로시설 내에서 방사성 물질의 소외 누출을 최소화하여 궁극적으로는 일반 대중의 건강과 안전을 확보하는 것을 목적으로 한다. 따라서 원자력법 관점에서는 원전 내에서 화재가 발생할 경우, 화재발생 지역 내에 화재를 한정하고 주변지역으로 화재가 확대되지 않게 함으로서, 안전성 계통과 기기를 보호하여 원자로 안전정지 기능을 확보하는 것이 가장 중요한 설계목표가 된다.<sup>13)</sup>

위와 같이 법규의 제정 취지가 다른 원자력법과 소방관계법이 국내에 건설되는 원전에 적용되므로, 하나의 상품으로서의 원전에 일관된 화재방호 개념이 반영되지 못하고, 화재안전의 불확실성이 증가되는 결과를 만

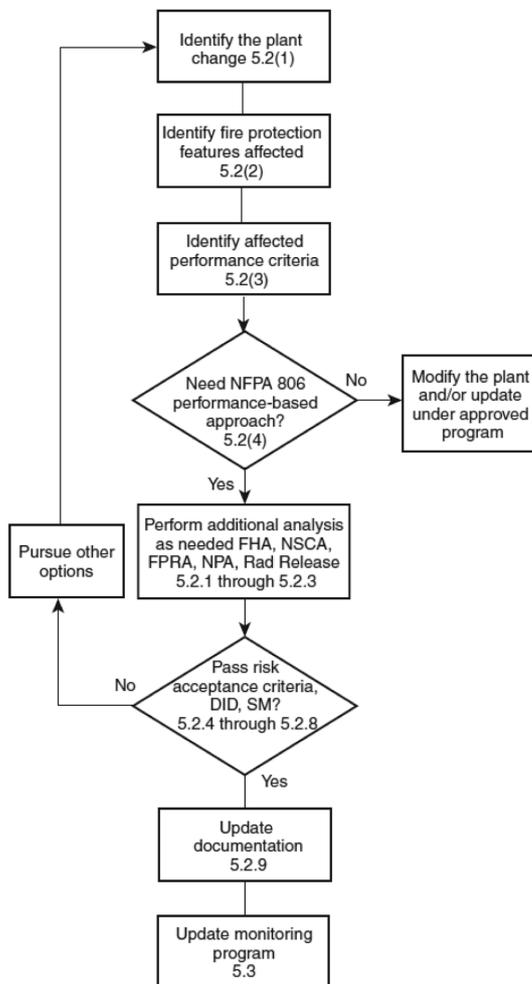


Figure 6. Methodology for performance based approach (referenced to the figure 5.2 of NFPA 806).

들게 한다. 이러한 측면에서 앞으로 우리나라가 원전 수출국의 지위를 계속적으로 유지하기 위해서는 상대국의 원자력 관련법을 준수함은 물론이고, 국내 원전의 화재방호 규제도 세계적으로 통용되는 화재방호 규제로 변화되어야 한다.<sup>14)</sup>

### 3.7 원전 성능위주설계의 방안 제안

2011년 5월 3일, 소방방재청 고시 제2011-68호로 소방시설 등의 성능위주 설계 방법 및 기준이 제정되었으나,<sup>15)</sup> 그 내용은 원전에 대한 교육과학기술부 고시 제2009-37호의 화재위험도분석에 관한 기술기준과 상당부분 상이하다. 소방방재청 고시에서 규정한 성능위주설계가 시나리오별 화재 및 피난시물레이션을 이용해 재실자의 인명안전에 중점을 두어 분석하는 것이라면, 교육과학기술부 고시는 원자로의 안전정지능력과 방사성물질 누출 가능성의 최소화를 입증하기 위해 화재 위험성과 화재방호조치를 분석한다. 그러나 각 고시의 목적이 특수한 건축물의 안전성능 향상을 위해 공학적인 방법으로 최적의 화재방호계통을 구현하도록 제도화 된 것이므로 향후 해당 고시를 모두 만족시킬 수 있는 방법으로 원전에 적용할 수 있도록 방법론 개발이 요구된다고 하겠다.

## 4. 결 론

UAE원전 수주로 인해 한국형 원전의 기술과 가격 경쟁력은 한층 높아졌다고 하지만, 내부적으로는 원전 기술인력 부족, 원전기술 확보문제 등을 해결하여야 하고, 대외적으로는 2011년 3월 지진과 해일로 인한 일본 후쿠시마 원전 폭발과 방사선 누출 문제, 세계적인 원전건설 반대 분위기의 극복 등은 향후 우리나라의 원전 수출을 위해 풀어나가야만 하는 숙제이다.

본 논문에서는 UAE원전의 수출을 목적으로 UAE, 미국, 일본, 한국의 원전 화재방호규정을 상호 비교, 검토하였으며, 아래와 같은 결론을 얻었다.

1) UAE를 포함하여 미국, 일본의 원전 화재방호규정은 소화설비를 설치함에 있어 화재하중에 따른 화재 위험도 분석결과를 설계에 반영할 수 하도록 규정되어 있다.

2) 우리나라는 소방관계법에서 원전을 발전시설로 구분하고 있으나, 원자력법에서는 원자로 및 관계시설로 분류하고 있고, 각 법률간 화재방호 설계기준도 상이하다.

3) 앞으로도 우리나라가 원전 수출국의 지위를 계속적으로 유지하기 위해서는 원전의 화재방호규정은 변화되어야 하고, 화재위험도분석의 결과가 설계에 반영

될 수 있어야 한다.

4) 국내 소방관계법이 원전의 특수성을 반영하기 위해서는 소방시설공사업법 시행령 제2조 2항의 성능위주설계를 해야 할 특정소방대상물에 원전이 추가되어야 하며, 구체적인 성능위주설계의 방법과 허용기준은 향후 관련 전력사업자 및 규제기관의 협의가 필요하다.

## 참고문헌

1. <http://www.affinitext.com/uaelaws>.
2. <http://fanr.gov.ae/en>.
3. NUREG-0800, Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants, Section 9.5.1 (BTP CMEB 9.5-1), "Fire Protection Program", U.S. Nuclear Regulatory Commission, pp.18-19(1981).
4. JEAG 4607, "Guideline on the Fire Protection of Nuclear Power Stations", Japan Electric Association Guide, pp.13-14(1999).
5. Title 10, Section 50.48, "Fire Protection", U.S. Code of Federal Regulations, pp.714-810(2004).
6. Regulatory Guide 1.189, "Fire Protection for Operating Nuclear Power Plants", U.S. Nuclear Regulatory Commission(2007).
7. 과학기술부 고시 제2009-37호, "화재위험도분석에 관한 기술기준", pp.1-7(2009).
8. NFPA 805, "Performance-Based Standard for Fire Protection for Existing Light-Water Reactor Electric Generating Plants", pp.9-14(2010).
9. 지문학, 이병곤, "위험도 및 성능기반 분석방법에 의한 원전 화재방호규정 적용 방안", 한국화재소방학회 논문지, Vol.22, No.3, pp.65-70(2006).
10. NFPA 804, "Fire Protection for Advanced Light-Water Reactor Electric Generating Plants", pp.9-13(2010).
11. NFPA806, Performance-Based Standard for Fire Protection for Advanced Nuclear Reactor Electric Generating Plants Change Process, pp.8-9(2010).
12. 경수로형 원전 안전심사지침 제9.5.1절, "화재방호계통", 한국원자력안전기술원, pp.14-17(1999).
13. 마진수, 권경옥, "원자력발전소 화재방호 규제 개선 방향에 관한 연구", 한국화재소방학회 논문지, Vol.24, No.4, pp.116-122(2010).
14. 이종영, 백옥선, "성능위주소방설계의 법적문제 및 개선방안", 한국화재소방학회 논문지, Vol.24, No.1, pp.54-63(2010).
15. 소방방재청 고시 제2011-68호, "소방시설등의 성능위주 설계 방법 및 기준", pp.1-3(2011).