



원자력발전소의 화재방호설비 적용규정 고찰

마 진 수

한국전력기술(주) 기계기술처
(jsma@kopec.co.kr)

1. 서 론

1970년대 후반부터 본격화된 국내 원자력발전소 건설은 짧은 기간에 원자력분야에 대한 국가적 기술개발과 참여 엔지니어의 설계, 건설, 운전 기술의 축적 노력에 힘입어 비약적 성장을 이룩하였다. 2007년 말 기준으로 국내에 운전되는 원자력발전소는 경수로형 16호기 및 중수로형 4호기를 포함하여 20여기가 상업운전 중에 있으며, 앞으로 신고리1,2호기 원전을 포함한 8기의 원전이 추가로 건설되면 우리나라에서 원자력발전소가 차지하는 전력생산량도 전체발전량의 40%이상을 차지하게 될 것이다. 또한 향후 원자력발전소는 지구온난화 역제를 위한 이산화탄소 배출 제한과 고유가 시대와 맞물려 세계에서 5번째로 석유 에너지를 많이 소비하는 우리나라에 없어서는 안 될 중요한 에너지 자원이 될 것만은 자명한 사실이라 하겠다. 그러나 원자력발전소의 건설은 원자력의 물리적 현상 제어, 방사선 관리, 내진 설계와 원자로 안전 등 첨단기술이 융합된 고도의 기술이 요구되는 국가적 기간산업인 것은 분명하나, 불행히도 원자력발전소가 처음 건설된 1970년대부터 지금까지도 원자력발전소 건설과정에서 겪게 되는 소방인허가 취득의 어려움은 아직도 해결하기 어려운 문제이며, 본 논문에서는 원자력발전소 화재방호설비에 대하여 국내 소방관계법규의 설계기준을 미국 원자력위원회(Nuclear Regulatory Commission, NRC) 기준 및 원자력법과 비교, 분석하여 화재방호설비의 효율적인 적용 방향을 제시해 보고자 한다.

2. 국내 소방관계법규의 원전적용

우리나라 최초의 원전인 고리 원자력발전소1호기는 당시의 국내 법규기준이 확립되지 않아 영국 및 미국의 산업기준, 즉 설계기술 도입국의 산업기준 및 규정을 국내에 적용하여 건설되었으나, 현재는 우리나라도 원자력법과 전력산업기술기준(KEPIC)과 같은 법규기준이 잘 정비되어 설계기술 자립, 원전 안전시공 및 기자재 국산화에 많은 도움이 되고 있다. 그러나 여타의 법규기준과 달리 국내 소방관계법규를 원전 화재방호분야에 적용하기에는 아직도 많은 모순점이 존재하고 있으며 이러한 적용기준의 비합리성으로 인해 국내 산업계의 불이익이 발생할 수 있고 일관된 설계를 적용하기 못함으로 인한 기술발전의 지연도 예상할 수 있다. 이 절에서는 원전 화재방호계통에 대한 설계기준을 비교하여 적용법규 전반에 걸친 이해와 합리적인 개선방안을 모색하는데 도움이 되고자 하였다.

2.1 원전 설계현황

원자력발전소는 우리몸 연료를 사용하여 전기에너지를 생산하는 것을 목적으로 건설되는 특수건축물이나, 지진이나 화재사고와 같은 이상상태가 발생할 경우를 대비하여 무엇보다 원자로를 안전하게 정지시키는 능력을 확보하는데 가장 큰 설계개념을 두고 건설된다. 아울러 화재방호설비도 심층방어(Defense-in-Depth) 개념에 입각하여 화재가 발생되지 않도록 사전에 예방하고, 화재가 발생할 경우 화재를 조기

에 감지, 진압하며, 화재로 인한 영향을 최소화하는 3단계 설계목표를 달성하는 방향으로 설계되어야 한다. 화재사건을 기준으로 한 분석방법으로는 화재위험도분석(Fire Hazard Analysis), 안전정지능력분석(Safe Shutdown Analysis) 및 확률론적 안전성분석(Probabilistic Safety Analysis) 방법 등이 있으며, 이 모두가 화재로 인한 사고시 원자료를 안전하게 정지하고 정지상태를 유지할 수 있는 능력을 확보할 수 있는가에 초점을 두어 분석 작업이 수행되고 있다. 현재 건설중인 신고리1,2호기 원자력발전소도 화재방호설비를 설계하는데 있어 화재위험도분석의 평가결과를 바탕으로 화재하중에 따른 화재 위험도를 종합적으로 분석하여 원전의 특성에 부합되는 소화설비를 각 방화지역에 적용하고 있으며, 원자력법과 미국 원자력위원회(NRC) 요건, 10CFR50, Regulatory Guide 및 NFPA Code를 설계기준으로 반영하고 있다. 국내에 건설되어 운전 중인 원자력발전소의 화

재방호 설계기준은 표 1과 같이 요약할 수 있으며, 현재 모든 원자력발전소가 과학기술부 고시 2003-19호(화재방호계획의 수립 및 이행에 관한 규정)에 따라 화재위험도분석을 실시하고 있고, 화재안전 측면에서 적합성을 검토하기 위해 각 발전소의 화재위험도분석 보고서는 관련규정에 따라 10년 주기로 개정되고 있다.

2.2 원전의 화재방호설비 적용법규

원자력발전소의 화재방호설비에 대하여 규제하고 있는 국내 법규로는 소방관계법, 건축법, 원자력법 등이 있으며, 이러한 법규들은 화재로부터 인명과 재산의 피해를 최소화하는 목적은 동일하나, 소방관계법이 일반건축물의 화재로부터 인명과 재산 등을 직접 보호하는 규제사항인 반면, 원자력법은 원자로 및 관계시설 설치지역에서 발생한 화재에 대하여 일차적으로 방사성 물질의 소외 누출을 최소화하여 궁극

표 1. 국내 원자력발전소의 화재방호계통 적용기준

원자력발전소	상업운전일	종합설계회사	화재방호계통 설계기준
고리1호기	1978.04	GILBERT	BSI, FOC
월성1호기	1983.04	AECL	NFPA, NBC of Canada
고리2호기	1983.07	GILBERT	NFPA, ANI
고리3,4호기	1986.12	BECHTEL	10CFR50, App.A, BTP SRP 9.5-1, NFPA
영광1,2호기	1987.09	BECHTEL	
울진1,2호기	1989.09	FRAMATOME	RCC-I
월성2,3,4호기	1999.10	AECL/CANATOM	CAN/CSA-N293, NBC of Canada, NFPA
영광3,4호기	1996.01	KOPEC	10CFR50.48, SRP BTP CMEB 9.5-1, Regulatory Guide, NFPA, IGL, 소방법, 건축법, 원자력법
울진3,4호기	1999.12	KOPEC	
영광5,6호기	2002.12	KOPEC	
울진5,6호기	2005.04	KOPEC	

- Note 1. British Standard Institution(BSI) : 영국 일반산업 기술기준
 2. Fire Office Committee(FOC) : 영국 화재보험협회
 3. National Fire Protection Association(NFPA) : 미국 방화협회
 4. American Nuclear Insurers(ANI) : 미국 원자력보험협회
 5. Code of Federal Regulations(CFR) : 미국 연방법
 6. Nuclear Regulatory Commission(NRC) : 미국 원자력위원회
 7. RCC-I : 프랑스 경수로형 원전 화재예방 및 방호 규정
 8. CAN/CSA-N293 : 캐나다 원자력 화재방호 기술기준
 9. National Building Code(NBC) of Canada : 캐나다 건축법
 10. International Guideline(IGL) : 국제 원자력 화재보험협회

적으로는 일반 대중의 건강과 안전을 보호하는 것을 목적으로 제정된 법규이다. 그러나 국내에 건설되는 원자력발전소는 건축물의 사용허가를 받기 위해 법규의 제정취지가 상이한 소방관계법과 원자력법을 동시에 만족하도록 화재방호설비를 설치하여야 한다. 그리고 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령[별표2]에서는 원자력발전소를 동사무소, 보건소, 경찰서, 소방서 등과 동일한 “업무시설” 중의 하나로 분류하고 있다. 즉, 현행 소방관계법규의 규제 관점으로만 보면 원자력발전소는 일반적인 업무시설로 간주되고, 소화설비 설치기준도 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령[별표4]에서 기술된 동사무소와 우체국 등과 같은 수준으로 설치하면 되는 것이다. 원자력발전소에 적용되는 소

방관계법과 원자력법의 인허가 기준 및 적용법규를 비교하면 표 2와 같다.

2.3 원전 화재방호설비 설계기준 요건 비교

원자력발전소의 화재방호설비 설계기준을 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률[별표4]와 NRC 설계기준을 대비하여 비교하면 표 3과 같이 요약할 수 있으며, 본 내용의 비교는 원전의 설계기준상의 차이점을 객관적으로 확인할 목적으로 제시하였다.

3. 결 론

현재 세계 각국은 에너지자원 확보에 자국의 국력을 집중시키고 있으며 경제성과 안전성이 월등한 원

표 2. 원자력발전소의 적용법규 비교

구분	소방관계법	원자력법
법규 세부 기준	1. 소방기본법 2. 소방시설 공사업법 3. 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 4. 위험물 안전관리법 5. 화재안전기준	1. 원자력법 시행령 2. 원자력법 시행규칙 3. 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 4. 과학기술부 고시
허가 단계	1. 건축허가 소방동의 2. 착공신고/설치허가 3. 완공검사	1. 건설허가 2. 운전허가
입법기관	소방방재청	과학기술부
허가권자	시도지사	과학기술부 장관
관할위임	관할소방서장	한국원자력안전기술원
법규 제정 취지	불특정 다수인이 사용하는 건축물에 대하여 화재로부터 국민의 재산과 생명을 보호	발전소 외부로 방사능 누출을 억제하고, 안전기능 수행에 영향을 미치지 않도록 화재로부터 방호
원자력 발전소 정의	동소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 [별표2] 9항 : 업무시설 가. 동사무소, 경찰서 및 소방서, 우체국, 보건소, 공공도서관, 국민건강보험공단 그 밖에 이와 비슷한 것으로서 그 용도에 사용되는 바닥면적의 합계가 1천제곱미터 이상인 것 나. 발전소 다. 공공 업무시설 라. 일반 업무시설 마. 오피스텔	원자력법 제2조 8호: 원자로 원자력법시행령 제9조: 관계시설 1. 원자로냉각계통시설 2. 계측제어계통시설 3. 핵연료물질의 취급시설 및 저장시설 4. 원자력발전소안에 위치한 방사성폐기물의 처리·배출 및 저장시설 5. 방사선 관리시설 6. 원자로격납시설 7. 원자로 안전계통 시설 8. 기타 원자로의 안전에 관계되는 시설

표 3. 원자력발전소의 화재방호설비 설계기준 비교

구분	소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률(별표4)	NRC 설계기준(SRP BTP CMEB 9.5-1)
설계개념	<input type="checkbox"/> 소방대상물의 소방시설 설치대상 결정 - 건축물의 용도에 따른 연면적 및 층수기준	<input type="checkbox"/> 심층방어(Defense-in-Depth) 설계개념 - 화재발생방지 (불연성 재료 사용규제) - 신속한 화재감지, 진화 및 확산방지 - 발전소안전계통에 대한 화재안전성 확보 <input type="checkbox"/> 화재위험도분석(Fire Hazard Analysis) 실시- 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 위험도분석
스프링클러 설비	<input type="checkbox"/> 지하층무장층 또는 층수가 4층이상인 층으로서 바닥면적이 1,000 m ² 이상인 층에 설치	<input type="checkbox"/> 화재위험도 분석(화재하중분석) 결과에 따라 스프링클러설비 설치 지역 결정: NFPA 13 설계기준 준수 <input type="checkbox"/> 일반적으로 화재하중이 큰 지역, 고압전기패널, 고온발열체등과 같이 발화원이 존재하는 지역 및 화재전파속도가 빠른 인화성 물질이 저장된 지역 등에 자동소화설비 설치
물분무등 소화설비 (물분무, 이산화탄소, 청정 소화약제 소화설비)	<input type="checkbox"/> 전기실, 발전실, 변전실, 축전지실, 통신기기실, 또는 전산실로 바닥면적이 300 m ² 이상인 곳에 설치	<input type="checkbox"/> 발전소 안전정지에 영향을 미치는 안전관련 캐이블실, 스위치기어실, 전산실 등에 설치 : NFPA 12, 15 및 2001 설계기준 준수 - 주제어실: 청정소화약제 소화설비 - 보조건물 케이블 포설실 : 물분무 및 이산화탄소 소화설비 - 안전관련 스위치기어실 : 물분무 소화설비
자동화재 탐지설비	<input type="checkbox"/> 소방대상물 용도별로 구분 : 업무시설은 바닥면적 1,000 m ² 이상일 경우 설치	<input type="checkbox"/> 발전소 전체 지역에 자동화재탐지설비 설치. 안전관련 기기가 설치되어 있는 지역에는 아나로그식 화재감지기 설치: NFPA 72 설계기준 준수
비상조명 설비	<input type="checkbox"/> 층수가 5층 이상인 건축물로서 연면적 3,000 m ² 이상 또는 지하층, 무창층의 바닥면적이 450 m ² 이상인 경우에는 그 지하층 또는 무창층에 설치	<input type="checkbox"/> 발전소 안전정지 관련 기기 설치지역 및 출입통로에는 최소 8시간 용량의 축전지를 내장한 비상조명 설치 <input type="checkbox"/> 주제어실, 원격제어실 등에는 비상디젤발전기에서 전원을 공급받는 비상조명 설치

자력발전소의 기술개발과 건설에 치열한 경쟁을 펼치고 있다. 특히 미국의 Westinghouse에서는 피동안전계통을 적용하여 경제성과 신뢰성을 갖춘 개량형 가압경수로형인 AP1000노형 개발을 완료하여 중국에 본격적으로 원전수출을 계획하고 있다. 이 노형은 전체적으로 능동(Active) 설비를 억제한 피동(Passive) 최적설계를 반영하였으며, 화재방호계통도 화재위험도분석 결과에 따라 진압설비를 최소화하

고 건축계획만으로 화재사고로 인한 방사선누출을 차단할 수 있도록 설계되어 있다. 우리나라도 지난 30년간의 최신 원자력기술이 결집된 1,400 MW급 신형 원전(APR1400) 개발을 완료하고 울산광역시 울주군 인근에 신고리 3,4호기라는 명칭으로 2013년까지 발전소를 건설할 예정에 있다. 이 신형원전은 10여년에 걸쳐 국내 산학연이 공동으로 자체 개발한 최신 노형으로서 발전용량, 설계수명, 경제성과 내진

설계 강화 등에서 기존 원전과 확연한 차이가 있을 것이며 우리나라의 원자력 기술이 세계적 수준이 되었음을 알리는 계기가 될 것이다.

그러나 아쉬운 것은 신형원전이 국내에 건설될 경우 국가 선도기술 개발사업의 결과와 무관하게 국내 소방관계법에 따라 동사무소와 같은 업무시설로 분류됨과 동시에, 초기 소방인허가 단계서부터 관찰 소방서 담당자로부터 지적을 받아 설계가 변경될 것임은 분명하다는 것이다. 물론 특수목적의 원자력발전소라도 국내의 모든 인허가 규정을 엄격히 준수하여 건설되어야 하며, 화재방호설비도 검증된 성능기반 분석방법에 의해 화재위험성을 평가받고 수정되어야 한다. 그러나 분명한 것은 원전의 특수성을 유지하면서 화재로부터 건축물을 보호하는 수준과 방법은 그 목적에 부합되도록 정의되어야 한다는 것이다. 본 논문에서는 원자력법 중심으로 설계, 건설, 운영되는 원자력발전소가 제도적으로 안고 있는 어려움을 소방관계법과 대비하여 제시하였고, 다음과 같이 원전 규제의 합리적 방안을 도출하였다.

첫째, 향후 건설될 신규원전이 최상의 품질로 건설될 수 있도록 소방관계법에서 원전 화재방호설비에 대한 합리적인 규제방안을 관련 기관의 전문가들에 의해 조속히 개발되어야 하고, 필요시 “소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령, [별표2]”에서 원자력발전소를 별도의 항목으로 규정하거나 원전 화재안전기준(NFSC) 제정도 고려되어야 한다.

둘째, 원자력법 및 과학기술부 고시에 따라 화재하중에 따른 화재위험도분석 결과가 설계에 반영되었다면 원전 화재방호설비는 “소방시설 설치유지 및

안전관리에 관한 법률 시행령, [별표4]”의 설치기준 예외를 인정받을 수 있어야 한다.

참고문헌

1. 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률, 2006.9.22.
2. 원자력법, 2005.12.30.
3. 과학기술부 고시 제2003-19호, “화재방호계획 수립 및 이행에 관한 규정”, 2003.11.17.
4. 10CFR50.48, “Fire Protection”.
5. U.S. NRC SRP BTP CMEB 9.5-1, “Fire Protection Program”, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2003.10.
6. NFPA 805, “Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants”, National Fire Protection Association, 2006.
7. U.S. NRC Regulatory Guide 1.189, “Fire Protection for Nuclear Power Plants”, 2007.03.
8. 지문학, 이병근, “위험도 및 성능기반 분석방법에 의한 원전 화재방호규정 적용방안”, 한국화재소방학회 논문지, 제20권, pp.65-70, 2006.8.



〈저 자〉

마 진 수

한국전력기술(주) 기계기술처
jsma@kopec.co.kr