

[Technical paper]

## 해체원전 화재안전 확보를 위한 화재방호 규정 고찰

김정운<sup>†</sup> · 박찬근<sup>\*</sup>

한국수력원자력 중앙연구원 책임전문원, \*한국수력원자력 중앙연구원 일반연구원

### Fire Protection Regulations for Ensuring Fire Safety during Decommissioning Nuclear Power Plants in Korea

Jung-Wun Kim<sup>†</sup> · Chan-Geun Park<sup>\*</sup>

General Researcher, Central Research Institute, KHNP.,  
<sup>\*</sup>Researcher, Central Research Institute, KHNP

(Received January 6, 2020; Revised May 11, 2020; Accepted May 11, 2020)

#### 요 약

국내 원전은 심층화재방어 개념에 따라 화재 발생 시 원전 외부로 방사능의 누출을 억제하고 발전소의 안전정지 기능이 유지되어야 한다. 또한 화재방호 설비가 노형별 화재방호 설계 요건에 맞게 설치되어 운전 중 요구하는 설계 기능이 유지되고 있는지 관련 규정에 따라 정기적인 시험으로 건전성을 확인한다. 현재 국내 원전은 원자력안전법과 국내의 소방관계법을 동시에 적용하고 있으며 특히 이러한 법규 환경과 더불어 2017년 국내 최초 영구 정지된 고리1 호기에도 유사한 규정이 적용될 것으로 사료된다. 하지만 향후 단계적인 해체원전의 증가를 고려하여 해체특성을 고려한 화재방호 세부 규제규정이 마련되어 체계적으로 해체원전의 화재방호프로그램이 정착되는 기반을 마련할 필요가 있다. 따라서 원전을 다수 운영 중인 미국, 일본, 캐나다 및 유럽 국가들의 원자력 법령체계를 검토하였고, 해외 해체 원전에 활용되고 있는 미국 영구정지 및 해체원전의 화재방호 규제지침인 Reg Guide 1.191의 규제 요건을 고려한 해체원전의 화재방호프로그램 법령체계 마련을 위한 방향을 제시하였다. 본 연구에서는 해체원전의 화재방호프로그램 최적화 및 화재분야의 원전 해체 기반기술 확보를 위해 화재방호 규정 마련을 위한 방향을 제시하고자 한다.

#### ABSTRACT

Nuclear power plants (NPPs) in Korea are required to be maintained using a defense in-depth approach to prevent leakage of radioactive substances outside the plant and allow safe shutdown in the event of a fire. Periodic testing must be conducted to ensure that the fire protection facilities perform as required by the laws for various nuclear reactor types. In June 2017, for the first time in Korea, a nuclear plant, Kori Unit 1, was permanently shut down. It was prepared for decommissioning in accordance with the fire protection regulations imposed by the regulatory body. However, a standard protocol is necessary for systematically establishing the fire protection program for decommissioning of NPPs in the future. Therefore, the nuclear legal systems of countries with many operating nuclear power plants, such as the United States, Japan, Canada, and various European countries, were reviewed and guidelines for establishing a fire protection program for decommissioning NPPs was suggested; the fire protection requirements stated by Reg Guide 1.191 (Decommissioning fire protection program for NPPs during decommissioning and permanent shutdown) were used as a model. Suggestions for establishing legal regulations to optimize fire protection programs and secure basic technology for decommissioning NPPs were also made.

**Keywords** : Fire safety, Fire protection, Decommissioning nuclear power plant, Fire hazard analysis, Nuclear safety act

<sup>†</sup> Corresponding Author, E-Mail: [jungwun.kim@khnp.ac.kr](mailto:jungwun.kim@khnp.ac.kr). TEL: +82-42-870-5512, FAX: +82-502-734-0253

© 2020 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

## 1. 서 론

원자력발전소(이하 ‘원전’)의 해체는 운영허가 기간이 만료된 원자력시설을 안전하고 친환경적으로 복원하여 자연 상태로 되돌리기 위한 모든 기술적·행정적 활동이다. 국내 최초 원전인 고리1호기가 2017년 6월 영구정지 되어 원전해체를 위해 준비 중이며 제8차 전력수급계획에 따라 2031년까지 10기의 원전이 설계 수명을 다하고 정지 될 예정이다. 현재 해체를 위한 해체계획서 개발, 방사선학적 평가, 해체장비개발 등 다양한 인허가 준비 및 해체 기술 개발이 진행 중이다. 또한 핵연료를 포함한 방사성폐기물 처분을 위한 정책적 결정 및 해체 규제지침 개발이 동시에 진행되고 있다. 원전의 해체와 관련한 법령체계도 원자력안전법(이하 ‘원안법’)내에 제정되었고 해체계획서 작성지침이 2015년에 마련되었고 해체에 관한 세부 규제 지침이 개발 중이다. 이러한 법령 구축과 함께 원전의 화재방호 법령도 해체 원전의 특성을 고려하여 체계적으로 마련되어야 하며 가동원전에 적용된 화재방호프로그램의 요건과 효율적으로 연계하여 장기간 소요되는 해체 기간 중에도 화재로 인한 안전을 확보해야 한다.

따라서 본 논문에서는 현재까지 운영 중인 원전 화재방호 규정 적용 및 개선 방향에 관한 연구가 있었으나 해체 원전의 화재방호 법령 검토가 없었으므로 국내 원전 화재방호 법령체계 외 해체원전에 적용돼야 할 원전 화재방호 관련 국내외 법령체계 및 현황을 분석하였고 미국의 규제 기관에서 2001년 발행하여 해외 해체원전에서 활용중인 규제 지침 Reg. Guide 1.191 (영구정지 원전 및 해체원전의 화재방호 규제지침)을 고려하여 국내의 해체원전의 화재방호 프로그램에 합리적인 적용 방향을 제시하였다.

## 2. 해체원전의 법령체계

### 2.1 국내외 해체원전 현황

2019년 10월 기준 IAEA 의하면 전 세계 가동 중인 원전은 449기이다. 이중 198기는 설계수명을 연장 승인 받아 144기는 계속 운전 중이고 영구정지 원전은 21개국 178기이고 해체가 완료된 원전은 21기(상업로 8기)이다. 또한 2019년 8월 기준 World Nuclear Association (WNA)에 의하면 중국을 중심으로 건설 중인 원전은 52기이다. 국내도 고리1호기가 영구정지 되어 해체계획서를 개발 중이며 해체에 필요한 요소기술을 개발 중이다. 원전은 입증된 다양한 분야의 기술이 접목되어 건설되어 설계 수명까지 운영하기 때문에 무엇보다도 안정적인 원전은 무엇보다도 중요하게 고려된다. 국내도 설계수명을 다한 원전이 해체를 준비하는 과정에서 해체분야의 화재방호 분야도 선제적인 기반기술 개발과 이와 관련하여 법령의 제정이 마련되어야 한다. 아래 Table 1은 국내의 영구정지 및 해체원전 현황이다. 이미 상업용 원전을 선도한 미국, 영국, 독일 등이 해체를 완료

**Table 1.** The Status of Permanent Shutdown Reactors Nuclear Plant in the World

Country	Status	Permanent NPPs
US	Finish of 16 units decommissioning, 13 units decommissioning in progress	37
England	Adopt a delayed decommissioning strategy	30
Germany	finish of 3 units decommissioning, 25 units decommissioning in progress	29
Japan	Finish of 1 units decommissioning, 15 units decommissioning in progress including Fukushima 6 units (Delay decommissioning)	23
France	10 units decommissioning in progress	12
Others	Russia (8), Canada (6), Sweden (5), Belgium (4), Ukraine (4), Spain (3), Korea (1) etc.	47
		178

한 원전과 기술을 다량 보유하고 있다.

### 2.2 국내 해체원전의 법령체계

국내 해체원전의 법령체계는 2015년 원안법 및 원안법 시행령, 시행규칙 개정을 통하여 원전 해체의 구체적 절차가 마련되었다. 원안법 10조 2항 및 20조 2항에 따른 예비해체계획서를 10년 주기로 갱신하고 이와 관련 원안위에 보고와 관련해서는 원안법 9조의 2항 및 규칙 122조의 2항이 있다. 또한 운영 중인 영구정지원전의 운영허가를 변경하기 위한 변경신청 및 승인과 관련한 원안법 21조 2항이 있다. 또한 원안법 103조 2항에 따른 해체 완료를 위한 주민의견 수렴을 하도록 되어 있다. 원안법 28조 1항에 의해 해체계획서 승인 신청을 한다. 원안법 28조 3~7항에 따라 해체 중 해체 상황보고가 이루어진다. 이때 원자력이용시설 해체상황확인 점검 방법 등에 관한 규정[원안위 고시 제2016-32호] 및 원자력이용시설 해체완료 후 부지 및 잔존건물의 재이용을 위한 기준[원안위 고시 제2016-33호]이 마련되어 있다. 최종 해체가 완료되면 원안법 28조 8항~9항에 따라 해체검사가 완료되어 원전사업자에 운영허가 종료 통지하는 단계로 인허가 요건이 단계별로 마련되어 있다.

국내 해체원전과 관련된 법령의 특징은 운영허가를 종료하지 않고 운영변경을 통해 영구정지 상태를 선언 후 해체계획서를 별도 제출하여 인허가 심사를 거쳐 승인을 받고 해체를 착수하여 부지복원까지 해체를 진행한다. 하지만 운영허가를 종료하고 해체단계 인허가를 받는 해외 원전도 있으며 국내는 초기 해체이므로 향후 개정이 기대된다.

### 2.3 국내 원전 화재방호 법령체계

국내 최초 원전인 고리1호기는 원전 도입 시 화재방호관

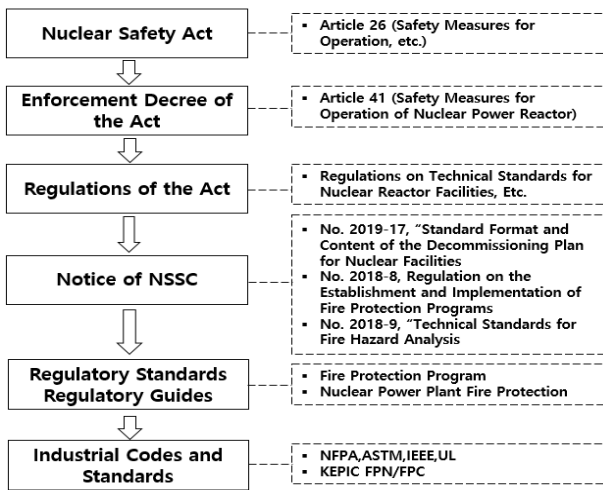


Figure 1. Fire protection law & standard codes of NPPs in Korea.

련 법규기준이 확립되지 않아 그 당시 원전 선진국인 해외 원전의 산업기준 및 규정을 국내원전 설계 및 시공에 적용하였다. 이후 국내 원전의 화재방호 규제체계는 2003년 화재방호 관련 고시가 최초 제정되었고 2006년 고리4호기 원자로건물에서의 화재사건에 대한 후속 조치로 가동 원전에 대한 화재방호계획에 대한 규제기반이 정립되었다고 보는 관점이 많다. Figure 1은 국내 원전화재방호 관련 법령체계이다.

현재는 우리나라도 원안법과 전력산업기술기준이 구축되었다. 원안법의 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제14조(화재방호에 관한 설계기준 등)는 미국의 10CFR 50 App. A에 제시되어 있는 일반설계기준(General design criterion) 3 (Fire protection)에 해당되는 사항이며 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제14조(화재방호에 관한 설계기준 등)와 제59조(화재방호계획)에 따라 발전용원자로운영자는 화재예방·감지 및 진화를 위하여 원안위 고시에 따라 화재방호계획을 수립하고 이행하도록 하고 있다. 또한 이에 따른 화재방호계획수립 및 이행에 관한 규정[원안위 고시 제 2018-8호]<sup>(1)</sup>에 따라 화재방호계획의 수립 및 이행에 필요한 사항을 정하고 있다. 이에 따라 각 발전소는 화재방호운영계획서를 개발하여 운영하고 있다. 화재위험도분석은 화재위험도분석에 관한 기술기준[원안위 고시 제2018-9호]<sup>(1)</sup>에 따라 수행중이다. 화재방호운영계획서 및 화재위험도분석에 대한 주기는 법령상 명확하게 명시되어 있지 않으나 가동원전은 10년 주기로 화재위험도 분석을 수행하며 화재방호운영계획서는 2년 주기로 유효성 평가를 수행하며 개정 사항이 있을 경우 개정을 하고 있다.

영구 정지중인 고리1호기의 물리적 형상 및 상태를 반영한 화재방호운영계획서 및 화재위험도분석이 규제기관의 승인을 받아 적용중이다. 또한, 해체 기간 동안에 적용되어야 할 화재방호계획수립이 해체계획서 수립 관점에서 사업자가 현재 개발 중이다. 이러한 문서는 해체계획서에 다루는 것보다 실제 해체단계에서 어떻게 수립되고 운영할 것

인가가 논의되어 합리적인 방안을 마련해야 할 것이다. 또한 이와 관련하여 세부 규제지침 및 관련 문서의 개정 주기에 대한 사항이 명확히 제시될 필요가 있다<sup>(11)</sup>.

해체원전의 화재방호와 관련한 법령 내용은 원자력이용시설 해체계획서 등의 작성에 관한 규정[원안위 고시 제 2019-17호]에 따라 해체계획서 11장에 원자력이용시설 해체과정에서 발생 가능한 화재의 예방·감지·진화를 위한 화재방호계획을 기술하도록 되어 있다. 실제 원안법에 따른 원자로 및 관계시설의 화재위험도분석에 관한 기술 기준은 2015년부터 시행되었지만 영구정지 원전 및 해체원전과 관련된 사항은 특별히 명시되어 있지 않다. 따라서 향후 고리 1호기 최종 해체계획서가 제출되기 전까지 화재방호와 관련된 관련 인허가 문서의 규제요건이 합리적으로 마련되어야 한다.

### 2.4 미국의 원자력 화재법령

미국 원전은 상위 국가 법률인 원자력법(Atomic energy act), 1980년 제정된 연방법 10CFR50.48<sup>(3)</sup> 2개 조항에 따라 화재방호 규정을 준수하도록 규정하고 있다. 10CFR 50.48(a)는 1979년 이후 운영되는 원전에 적용되는 규정으로 화재방호에 대한 상세사항은 US NRC SRP 9.5-1<sup>(5)</sup>, Fire protection program에 있다. BTP CMEB 9.5-1 (Guidelines for fire protection for nuclear power plants)의 내용은 국내 경수로형 원전 규제지침으로 사용되고 있으며 Reg. Guide 1.189에 반영되어 기술되어 있다. 이 규정은 또한 현재의 원전 화재방호의 결정론적 규제 방법의 기본이 되고 있고 국내 원전도 기본적으로 적용되고 있다. 소화설비를 설계시 세부 기술 기준은 BTP SRP SPLB 9.5-1<sup>(7)</sup> 및 Regulatory Guidelines 1.189<sup>(4)</sup>의 규정에서 제시하는 화재위험도분석에 따른 방화 지역별 소화설비를 선정할 수 있다.

미국의 해체원전 화재방호와 관련 NRC 규제지침은 2001년에 해체 원전의 화재방호 목적이 달성되었음을 구체적으로 판단 및 입증하기 위한 규제지침으로서 Reg. Guide. 1.191 (Fire protection program for nuclear power plants decommissioning and permanent shutdown)<sup>(5)</sup>을 제정하였다. 운영 중 원전과 동일하게 NFPA와 관련 기술기준을 근간으로 하지만 원전이 운영 중에는 화재 시 공공 및 환경에 대한 방사성물질의 누출을 초래하는 위험을 최소화 하는데 목적으로 하며 해체기간 동안은 사용후연료저장조 및 별도 독립 저장조로 이동시까지 안전성 확보와 함께 방사성물질의 누출을 최소화하고 해체단계 해체로 인한 다양한 화재원인을 합리적으로 관리하도록 요구하고 있다. Table 2는 미국 원자력법령에 따른 화재방호 규제 체계이며 미국에서 설계한 국내 대부분 원전과 한국형 원전에도 설계에 반영되어 운영 중인 원전에 적용중이다. 따라서 국내 소방법, 건축법 및 화재안전기준 등과 간섭되는 경우도 발생할 수 있다.

**Table 2.** Fire Protection Law & Standard Codes of NPPs in US

Type	Applied to NPPs since 1978	Current requirements	Main content
Code of Federal Regulations	10CFR50.48(a) (1980.10) 10CFR50 App. A GDC 3 (1971.2)	10CFR50.48(a)(1980.10)	Retrospective Act on NPPs with Permit to operate before January 1, 1797.
		10CFR50.48(c)-Added performance based fire protection requirements (NFPA 805, 2004.7)	Proposed need to introduce performance-based fire analysis technique (c) added item.
Judging Guidelines	BTP CMEB 9.5-1-New nuclear power plant requirements (1981.7) BTP SPLB 9.5-1-Fire Protection Judging Guidelines (2003.12)	RG 1.189 (Fire Protection for NPP) RG 1.191 (Fire Protection during Decommissioning and Permanent Shutdown)	Based on BTP CMEB 9.5-1, detailed fire protection guidelines for operational NPP (RG 1.189) are fundamental to the fire protection guidelines for decommissioning NPP.
Generic Letter, etc.	GL 81-12, 83-33, 86-10		
Industrial Standards	NFPA 803, 804	NFPA 804, 805	
	NFPA 11, 11A, 12, 12A, 13, 15, 16, 17, 20, 22, 24, 30, 70, 72, 2001, IEEE 328, ASTM E119, etc.		

**2.5 캐나다의 원자력 화재법령**

캐나다는 화재방호 관련 법령을 국가가 제정한다. 화재방호 민간기관은 표준 기술기준을 개발하여 적용하고 캐나다 연방정부 내의 건축 및 화재 기준위원회에서 건축법과 소방법 6개의 법령을 제정하고 관리한다. 하나의 위원회에서 화재 및 미국과 유사하게 각 건축물 분류에 따라 건축 구조, 재료, 피난요건 뿐 아니라 화재방호설비의 설치 여부까지도 National Building Code (NBC)<sup>(8)</sup>에 상세히 기술되어 있다. 또한, 화재위험에 대응하는 구체적인 화재예방, 가연물관리, 인명안전 등의 요건은 National Fire Code를 따르도록 규정하고 있다.

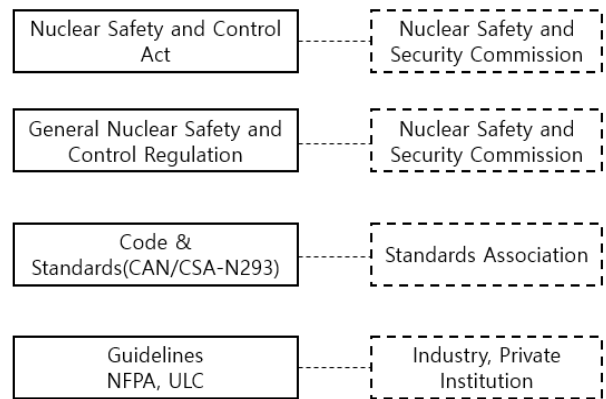
Figure 2는 캐나다 원자력법령에 따른 화재방호 규제체계이다. 캐나다의 원전에 적용하는 법령은 캐나다 원자력안전위원회가 제정한 상위 법률로 원자력 안전관리 법률(Nuclear Safety and Control Act)을 따른다.

원전의 화재방호기준으로 CAN/CSA-N293-87가 주된 기술기준으로 사용되고 CAN/CSA-N293-07<sup>(9)</sup>, NFPA Code 등이 적용하고 있다.

또한, 원전의 주요 화재방호 규정이 포함되어 있는 CAN/CSA-N293-07에서는 미국 규정과 동일하게 화재위험도분석의 결과에 따라 방호구역에 적절한 소화설비를 선택할 수 있도록 허용한다. 국내 중수로원전도 이 규정을 적용하고 있다.

**2.6 일본의 원자력 화재법령**

일본은 1개호기는 해체가 완료되었고 다수 호기 영구정지 또는 해체가 진행 중이며 2011년 후쿠시마 사고가 난 6개 원전들도 제염 및 안정화단계를 거쳐 해체 단계로 접어들 것으로 예상된다. 일본은 1955년 법률로 원자력 기본법이 최초 제정되었으며 조직법, 연구개발 관련법, 규제법,



**Figure 2.** Fire protection law & standard codes of NPPs in Canada.

배상법 및 전원개발촉진법으로 구성되어 있다. 국내와 유사하게 발전용 원자로사업자의 규제요건은 원자력기본법, 전기사업법, 원자로의 설치운전 등에 관한 규칙과 원전 운전 관련 규칙으로 구성되어 있으며 규제는 Nuclear Regulation Authority (NRA)에 의해 이루어진다.

원전 화재방호 설계 관련 기준은 일본의 원자력안전위원회가 전기사업법 62조로 “발전용 원자력설비에 관한 기술기준”을 공포한 이후 1985년 일본전기협회에서 제정한 원전 화재방호 설계지침(JEAG 4607)<sup>(7)</sup>을 원전 화재방호 상세 기술기준으로 적용하고 있다. 원전의 화재방호 관리운영지침(JEAG 4103)은 원전의 화재방호 운영과 관련하여 국제적인 수준을 확보하기 위하여 2009년에 처음으로 제정되어 소방법령에 따라 관리되었던 원전 화재방호 운영이 원전의 특성을 고려한 운영체계를 갖추었다. 또한 2007년 7월 16일 발생한 일본의 니카타현 지진과 연계된 화재에 대한 사항을 추가하여 2010년 마침내 원전의 화재방호 규

**Table 3.** Fire Protection Regulation System Based on the Nuclear Energy act in Japan

	Article	Related regulations
Legislation	Article 39 (Maintenance of electric work)	Technical standard regulation
	Article 47 (Construction plan)	Install, permission to change of nuclear reactors and auxiliary facilities
	Article 49 (Pre-Inspection)	Inspection of the acceptance of Article 39 (Technical standards) by a designated inspection agency
	Article 54 (Regular inspection)	Time and scope
	Article 62 (Technical standards of nuclear facilities)	Prevention of fire damage
	Notice 501	Technical standards for nuclear power plant
Regulatory Guides	JEAC 4626	Fire protection of NPPs
	JEAG 4607	Fire protection design guidelines for NPPs
	JEAG 4103	Fire protection management and operational guidelines of NPPs
	JIS-G, JIS-Z	Japanese industrial standard

정(JEAC 4626)을 제정하였다. 해체 착수를 위한 해체계획서 및 해체완료료를 위한 요건을 법령에 명시하고 있으며 각각 승인을 받아야 한다. 특히 해체기간 중 지진, 화재, 기기 오동작, 인적실수에 의한 사고 유형, 영향, 위험도를 포함한 문서가 참고문서로 포함되도록 되어 있다. Table 3는 일본의 화재방호에 관한 원자력관련 법령이다. 일본의 해체 원전의 화재방호법령은 원자력 기본법과 전기사업법을 발전용 원전의 규제요건으로 운영하고 있으며, 화재방호에 대한 상세 기술기준은 원전의 화재방호 지침을 활용하여 화재위험도분석을 수행하도록 되어 있다. 일본은 향후 40년 내에 19기의 원전을 해체 할 계획을 가지고 있다. 도카이(Tokai) 원전은 현재 해체 중에 있다.

후쿠시마 사고이후 사고처리에 집중한 일본은 국내와 유사한 원전의 화재방호 법령체계를 가지고 있으며 해체원전에 대해 특정하게 화재방호 규제정책을 공표하고 있지 않은 사항이며 가동중 화재방호규제 체계 내에서 보수적으로 해체원전에 적용하고 있다. 또한, 핵연료물질 및 원자로의 규제에 관한 법률(제43조 3의 33)에 해당 발전용 원자로 시설의 해체, 보유하는 핵연료 물질의 양도, 핵연료 물질에 의한 오염의 제거, 핵연료 물질에 의해 오염된 것의 폐기, 그 외의 원자력 규제 위원회 규칙에서 조치하도록 요구하고 있다. 또한 국내의 해체계획서와 유사하게 발전용 원자로 설치자는 해체를 계획하려고 하는 때에는, 사전에, 원자력 규제 위원회 규칙에서 정하는 것에 의해 해당 해체 조치 계획을 승인 받도록 하고 있다.

**2.7 유럽 국가의 해체 및 화재법령**

영국은 해체원전에 대한 해체 조치관련 계획을 수립하여 규제기관의 승인을 받도록 되어있다. 또한 2011년 신설된 원자력규제국(Office for Nuclear Regulation, ONR)이 원자력 폐기물의 안정적 관리 및 원전시설 규제업무 등 원전

시설 해체 업무를 총괄하도록 되어있다.

국내의 경우 인허가 요건인 해체계획서를 작성 후 주민공람을 하지만 영국은 해체계획 초기 단계부터 공공대중과 해체 의견을 수렴하는 과정이 있다.

독일은 1959년 원자력법이 제정되었고 최근에는 2011년 원자력발전을 통한 전기 생산을 2022년까지 종료하도록 개정되었다. 원자력법 7조에는 원자력 시설의 설치 운영 폐쇄에 계획 확정 절차를 포함하고 승인을 받도록 되어 있다.

스페인 Jose Cabrera 원전은 2006년에 영구정지 되었으며 즉시해체 방식으로 2010년에 해체승인을 받아 현재까지 85% 해체가 진행 중이다. 스페인의 해체원전 화재방호 법령체계는 국내와 유사하며 원전에 적용하는 화재방호 프로그램(CSN IS-30)에 따라 운영된다. 또한 원전 영구정지 및 해체원전의 화재방호 지침인 Reg Guide 1.191 (Fire protection program for nuclear power plants during decommissioning and permanent shutdown)<sup>(5)</sup>이 활용된다. 국내의 화재방호 운영 계획 및 화재위험도분석(FHA)과 같은 프로세스 적용은 스페인과 유사하게 적용된다. 특히 FHA 수행시 가연물 종류, 양 및 위치 분석, 가상화재 영향 검토, 화재예방, 감지 및 진압 방법 및 화재방호설비의 적합성 평가 절차에 따라 평가를 한다. 해체원전의 경우 소화설비를 포함한 구조물, 계통 및 기기(Structure, System and Components, SSCs)의 물리적 형상 변경이 장기간 진행 되므로 가동원전과 다르게 가상화재를 고려하여 화재위험도 분석을 한다.

스웨덴은 원자력 활동법에 해체원전에 대한 규정을 제정해 놓고 있다. 원전 안전성 규칙에는 설계 시부터 해체를 고려한 설계를 하도록 되어있고 10년 주기로 해체 계획을 개정하도록 요구한다. 영구정지 후 해체 착수 전까지 영구정지 조치계획 수립을 요구하며 안전성분석보고서에 포함하도록 요구하고 있다. 또한 가동 중 방사성폐기물 처리 및 저장은 별도 기관에서 주관하며 해체폐기물 처분장을 계획하고 있다.

별기에는 1994년 방사선 안전 및 연방 원자력 통제청에 관한 법률이 제정되어 원자력관련 법령이 정착되기 시작했다. 2003년 원전해체와 관련하여 원자력 에너지의 단계적 해체에 관한 법률이 제정되었다.

### 3. 해체원전 화재안전 확보를 위한 화재방호법령 구축 방향

#### 3.1 해체 공정을 고려한 규정 개발

국내 원전의 해체산업의 국가적인 정책 및 기술 현안을 검토하여 중장기 비전을 수립하여 일관성 있게 추진할 필요가 있다.

따라서 해체원전의 화재 위험을 예방하고 관리할 수 있도록 해체원전의 특성과 연계된 화재방호 법령체계가 마련되어야 하며 2001년 제정되어 국내 운영 요건을 충족하고 미국 및 해외 해체원전의 화재방호 지침으로 활용중인 미국의 Reg. Guide. 1.191 (Fire protection program for NPP during decommission and permanent shutdown) 요건 중 해체원전의 물리적 형상 변경을 고려한 화재위험도분석 및 해체 진행에 따른 관리통제 부분에 대해서는 해체 사업 단계별 화재방호프로그램 규제요건을 고려하여 국내 규정 개발에 고려할 필요가 있다. 따라서 국내외 해체 사업 여건을 면밀히 검토하여 국내 법령 및 원전 여건에 적절한 화재방호계획이 수립되어야 해체기간 동안 화재안전성을 확보에 기여할 수 있다.

해체원전의 공정 특성을 파악하기 위하여 운영 중인 원전과 차이점을 검토하고 해체원전의 물리적 형상과 상태를 반영하여 발전소 방화구역의 배치, 형상 및 해체의 다양한 단계를 고려해야 한다. 또한, 해체 시 발생할 수 있는 모든 변경 사항을 반영하고 화재 시 방사능 위험과 이를 완화하기 위한 계통의 안전성을 확보하기 위한 기기의 건전성을 확보하는 등 해체원전 특성을 고려하여 화재방호계획이 수립될 필요가 있다. 특히 소방관련 법과의 중복성을 검토하여 이중 규제 가능성을 배제하고 법령체계의 독립성과 합리성을 제공 해줘야 한다.

즉시 해체 시 해체기간이 최소 준비기간 포함 10년 이상 걸리고 현재 국내는 최초 해체원전에 대한 기반 기술이 개발 중인 상황에서 해체원전의 특성에 연관된 화재안전을 위한 화재방호 체계가 규제 법령 요건에 맞게 준비되어야 하므로 우선 화재방호계획 수립 시 해체원전의 화재방호 운영계획서 및 화재위험도분석의 주기를 합리적으로 설정하고 운영 중 원전의 특징인 안전정지 기능과 영구정지 후 사용후연료저장조 및 해체 중 안전기능 유지 항목의 차이점을 검토하여 화재방호 관련 프로그램 및 규제 방향에 반영할 필요가 있다.

#### 3.2 국내 규제환경에 맞는 법령체계 마련

국내 해체원전의 법령체계도 가동원전의 화재 방호 프

로그램이 근간이 되어 준비되고 있다. 해체 기간 중 원전 화재방호 프로그램의 목적은 화재 위협에 대한 적절한 수준의 심층방호를 확보하는 데 있다. 따라서 방사성 물질의 허용할 수 없는 유출 가능성을 방지 또는 완화하는 데 필요한 관리통제를 위한 종합 프로그램, 물리적 화재방호 기능, 비상대응능력 등이 포함된 법령이 필요 할 수 있다. 이러한 법령 요건에 따라서 사업자는 해체기간 동안 화재 발생 가능성과 영향을 저감할 수 있으며 공중, 환경 그리고 발전소 인원들에 대한 위험이 최소화 되도록 보장할 수 있다. 이를 위해 전 세계의 법령 사례가 적용되기 보다는 다양한 정보를 분석 반영하되 국내 규제 체계에 맞는 독립적인 법령체계 마련해야 한다. 이를 위해서는 영구정지 및 해체단계별 화재방호계획수립에 대한 구성요소로 화재방호 운영계획서와 화재위험도분석의 구성 내용 및 세부 지침이 필요하다. 이러한 체계 구축은 해체를 고려한 설계부터 해체 최종단계인 부지복원까지 화재방호프로그램의 운영 효과를 제고하는 기술기반이 될 수 있기 때문이다.

#### 3.3 해체원전 화재방호프로그램 기반 강화

국내 원전의 화재방호프로그램은 화재 안전성 확보에 기여 해 왔다. 이제 고리1호기 영구정지를 시작으로 해체원전의 화재분야 관련법령이 구체화 된 지침이 마련 될 것으로 예상된다. 따라서 단기적으로 해체 기반 기술 확보 차원에서 해체원전의 경험과 기술 체계가 확립된 미국, 유럽 등의 해체 정보를 공유하여 다양한 해체관련 정보 Network를 구축할 노력이 필요하다. 또한 국내 해체원전의 화재분야에 대한 기술 및 법률적 요건뿐만 아니라 해외 해체원전 사업을 고려하여 향후 해체 원전의 수출기반 마련에 관심을 가져야 한다.

우선 나라별 국내 해체전략의 유사성과 정책적 환경을 파악하여 공공기관 중심의 공조체계를 확대하고 미국 전력 연구소 (EPRI) 및 CANDU Owners Group (COG) 등의 다양한 채널을 확보하여 국내 해체원전에 다양사례가 전파되도록 노력해야 한다.

## 4. 결 론

본 연구는 해체를 준비 중인 국내 해체원전의 화재방호 프로그램에 필요한 법령 체계 마련을 위해 국내외 원자력 발전 관련법령을 소개하였다. 국내는 향후 10년 동안 설계 수명을 다한 원전이 해체가 예상되는데 운영 중인 원전에 적용되는 화재방호 법령을 고려하되 해체원전에 맞는 체계화된 법령 요건에 따라 해체 기간 중 원전의 화재안전성을 확보하기 위해 화재방호 법령이 마련되어야 할 것이다. 특히 운영원전에 적용중인 화재방호운영계획서 및 화재위험도 분석에 대한 해체 원전의 특성을 고려하고 Reg. Guide 1.191(영구정지 원전 및 해체원전의 화재방호 규제지침) 규제요건 중 해체원전의 물리적 형상 변경을 고려한 화재위

험도분석 및 해체 진행에 따른 관리통제 부분에 대해서는 명확한 규제 규정이 수립되어 해체 사업관계자가 선제적인 규정 준비 및 적용에 대비하게 해야 할 것이다. 또한 국내외 다양한 채널을 통해 해체 기술 및 규제에 대한 정보를 활용하여 국내 해체 기술이 개발되고 이에 맞게 해체원전의 해체계획이 수립되어 최종 해체계획서 개발 및 규제 기관의 승인이 원활히 진행될 수 있다. 이러한 화재방호 규정이 체계화 되면 화재방호프로그램도 더욱 심층방호를 확보하고 다양한 해체원전의 물리적 형상 변경에도 화재안전을 확보하게 되어 부지가 자연 상태로 복원될 때까지 해체가 안정적으로 진행될 수 있는 기반이 될 수 있다.

따라서 본 연구는 국내 해체원전 사업의 초기 단계에 해체원전의 다양한 기반 구축 중 최적의 화재방호프로그램 구축을 위한 전반적인 규제환경에 대한 정보와 규제 방향을 마련에 활용되길 기대된다.

## References

1. Nuclear Safety and Security Commission, “Regulation on the Establishment and Implementation of Fire Protection Programs”, Notice No. 2018-8 (2018).
2. Nuclear Safety and Security Commission, “Technical Standards for Fire Hazard Analysis”, Notice No. 2018-9 (2018).
3. Title 10, Section 50.48, “Fire Protection”, U.S. Code of Federal Regulations, pp.714-810 (2004).
4. Regulatory Guide 1.189, “Fire Protection for Operating Nuclear Power Plants”, U.S. Nuclear Regulatory Commission, pp. 20-25 (2018).
5. Regulatory Guide 1.191, “Fire Protection Program for NPP during Decommission and Permanent Shutdown”, pp. 1-3 (2001).
6. NUREG-0800, Section 9.5.1 (BTP SPLB 9.5-1), “Fire Protection Program”, U.S. Nuclear Regulatory Commission, pp. 13-16 (2003).
7. JEAG 4607, “Guideline on the Fire Protection of Nuclear Power Stations”, Japan Electric Association Guide, pp. 13-14 (2010).
8. National Research Council of Canada, “National Building Code of Canada” (2015).
9. CAN/CSA-N293-07, “Fire Protection for CANDU Nuclear Plants”, Canadian Standards Association (2012).
10. 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, p. 119 (2010).