Journal of RADIATION INDUSTRY
Vol. 19, No. 4, pp. 493-502, 2025
https://doi.org/10.23042/radin.2025.19.4.493

Original article

국내 비원전 방사선이용시설 방사능방재 규제체계 개선방향 도출

유승범[1] · 이신동[1] · 김주영[1] · 김광표[1,*]

[1]경희대학교 원자력공학과

Derivation of the Improvement of the Regulatory System for Radiation Emergency of Non-reactor Nuclear Facilities in Republic of Korea

Seung Beom Yoo[1], Shin Dong Lee[1], Ju Young Kim[1], and Kwang Pyo Kim[1,*]

[1]Department of Nuclear Engineering, Kyung Hee University, 1732 Deokyoungdae-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do 17104, Republic of Korea

ABSTRACT The Korean Act on physical protection and radiological emergency was enacted based on nuclear power plants, allowing partial exemptions or relaxations only for small nuclear licensees. Accordingly, there is a possibility that excessive regulations will be applied to non-reactor nuclear facilities that are expected to have a lower risk than nuclear power plants considering the frequency of accidents and radiation dose. Therefore, it is necessary to identify regulatory improvement needs from the standpoint of non-reactor nuclear facilities and derive improvement directions. The objective of this study is to derive improvements to the radiological emergency preparedness regulatory for non-reactor nuclear facilities in Korea. To achieve this, the study was conducted in two phases: 1) Identification of improvement requirements for radiological emergency preparedness regulation, 2) Derivation of improvements to the radiological emergency preparedness regulatory. A survey was conducted targeting practitioners from research reactor, nuclear fuel cycle facilities, industrial radiation facilities, and radioactive waste management facilities to identify improvements for radiological emergency preparedness regulation. The survey included questions to determine whether radiation emergency response systems are established and operated based on facilities characteristics and risk, as well as requirements for improvement. In order to derive improvements to the regulations, international practices from the IAEA, the United States, the United Kingdom, and Canada were investigated by the regulatory improvement requirements identified in the survey. International Emergency Action Levels, facility classification status, and regulatory requirements by facility category were analyzed and compared with the domestic standards. Based on the analysis of these international practices, improvements were proposed for each requirement. The main regulatory improvement directions were: 1) Introduction of a risk assessment system, 2) Risk-informed emergency response exercise frequency and scale, 3) Establishment of risk-informed graded radiation emergency classification, 4) Introduction of exemption criteria for radiation emergency planning. The results of this study are expected to be used as basis data for applying a graded approach to radiological emergency preparedness regulations for non-reactor nuclear facilities in Korea.

Key words: Radioactive disaster, Radiological emergency, Non-reactor nuclear facility, Graded approach

1. 서 론

국제원자력기구(International Atomic Energy Agency; IAEA)에서는 방사선비상 상황에 대한 대비 및 대응 조치를 시설 유형과 리스크에 따라 차등적으로 적용하도록 권고하고 있다[1]. 또한 위협 범주화, 비상계획 수립, 훈련 및 연습, 대중과의 소통 등 비상 대응을 위하여 고려하여야 하는 다양한 지침을 제시하고 있다[1-3]. 국내에서는 원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법(이하 방사능방재법)을 통해 원자력시설에 대한 방사능재난 예방체제를 수립하고, 효율적으로 대응하기 위한 관리체계를 확립하

ISSN 1976-2402 **http://www.ksri.kr/**

Copyright© 2025 by Korean Society of Radiation Industry

***Corresponding author:** Kwang Pyo Kim
Tel: +82-31-201-2560, Fax: +82-31-273-3592, E-mail: kpkim@khu.ac.kr

Received 24 November 2025 **Revised** 2 December 2025 **Accepted** 18 December 2025

고 있다[4]. 원자력안전위원회는 제3차 국가방사능방재계획을 통해 원전과 특성이 다른 비원전 원자력시설의 시설특성과 국제기준을 고려한 차등규제의 필요성을 제기하였다[5]. 이때, 비원전 원자력시설은 발전용 원자로를 제외한 방사선이용시설로, 본 연구에서는 연구용 원자로, 핵연료주기시설, 산업방사선시설, 방사성폐기물관리시설을 의미한다.

IAEA에서는 GSR Part 7, GS-G-2.1을 통해 시설의 리스크에 따른 차등접근법 기반의 규제를 권고하고 있으며, 원자력시설을 비상대비범주(Emergency Preparedness Category; EPC)로 구분하여 상이한 규제요건을 제시하고 있다[1,3]. 미국 원자력규제위원회 (Nuclear Regulatory Commission; NRC)에서는 원자력시설을 원자력발전소, 비원전 방사선이용시설 등 4가지로 구분하여 Regulatory Guide (RegGuide)를 통해 시설별 방사능방재 규제 지침을 별도로 제시하여 차등관리를 수행하고 있다[6-13]. 영국에서는 방사선이용시설에 대하여 리스크 평가를 통해 차등적인 방사능방재 규제 요건을 적용할 것을 제시하고 있다[14].

국외에서는 비원전 원자력시설에 대하여 시설의 유형과 리스크를 고려한 차등적인 규제체계를 다수 수립하고 있다. 하지만 국내에서는 원자력시설의 유형, 방사선학적 위험도, 사고 빈도 등이 충분히 고려되지 않은 규제체계로 인하여, 낮은 리스크가 예상되는 비원전 방사선이용시설에 대하여 과도한 규제가 적용될 개연성이 존재한다. 이에 따라 국내 비원전 방사선이용시설 실무자의 입장에서 방사능방재 규제체계의 개선 필요사항을 식별하여야 한다. 또한 국외 방사능방재 규제 현황 분석을 통해 개선 방향을 도출하여 규제 최적화를 수행하여야 한다.

본 연구의 목표는 국내 비원전 방사선이용시설에 대한 규제 개선방향을 도출하는 것이다. 이를 위하여 비원전 방사선이용시설 실무자를 대상으로 규제 개선 필요사항을 식별하였다. 이후 국외의 방사능방재 규제 현황 조사를 통해 실무자가 제시한 개선 필요사항별 개선방향을 도출하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 국내 비원전 방사선이용시설 방사능방재 규제 개선 필요사항 식별

본 연구에서는 국내 비원전 방시선이용시설의 방사능방재 규제 개선 필요사항을 식별하였다. 이를 위해, 설문조사 대상 범위로 비원전 방사선이용시설인 연구용 원자로, 핵연료주기시설, 산업방사선시설, 방사성폐기물관리시설로 정하였다.

연구용 원자로의 경우 설문조사 대상을 방사선 및 중성자를 이용한 연구개발을 목적으로 설계된 원자로를 운영하는 시설로 선정하였다. 핵연료주기시설의 경우 설문조사 대상을 발전용 원자로의 핵연료를 가공하는 시설로 선정하였다. 산업방사선시설의 경우 설문조사 대상을 산업 분야에서 멸균, 오염처리 등을 목적으로 방사선을 대량으로 활용하는 대규모 방사선조사시설로 선정하였다. 방사성폐기물관리시설의 경우 설문조사 대상을 방사선이용시설을 운영함에 따라 발생하는 방사성폐기물을 처분하는 시설로 선정하였다. 그리고 국내에서 해당 시설을 운영하는 대표 기관의 실무자를 대상으로 설문조사를 수행하였다. 설문조사 대상 기관은 연구용 원자로에 대해서 1개의 기관을 선정하였으며, 핵연료주기시설, 산업방사선시설, 방사성폐기물관리시설에 대해서 각각 2개의 기관을 선정하였다.

Table 1에 본 연구에서 수행한 설문조사 내용을 나타내었다. 설문조사 내용은 크게 1) 일반사항 조사, 2) 시설별 방사선비상대응체계 현황 조사, 3) 현행 방사능방재 체계 운영에 따른 개선 필요사항 수렴 단계로 구성하였다. 일반사항 조사 단계에서는 설문조

Table 1. Summary of survey contents for improving radiological emergency response

Contents of survey	Contents of survey in detail
General Information	- Respondent's facility type - Respondent's role in radiological emergency preparedness - Respondent's position
Current Status of Radiation Emergency Response Systems	- Whether a Radiation Emergency Plan has been established and its adequacy - Whether the respondents' organization is classified as "Small-scale nuclear operators" under the Act on physical protection and radiological emergency - Whether EALs are established for each radiation emergency class, specific EAL values - Whether Radiation Emergency Planning Zones are established and whether their scale is reasonable - Appropriateness of the frequency and scale of radiation emergency response exercises
Improvement Needs in Current Radiological Emergency Preparedness	- Whether the current Act and related regulatory requirements adequately reflect facility characteristics and risk - Burdensome legal requirements in establishing and implementing the Radiation Emergency Plan - Need for more detailed regulatory guidance for setting EALs by emergency class - Appropriateness of the frequency and scale of radiation emergency response exercises - Regulatory requirements that most urgently need improvement from the perspective of the respondent's organization

사 대상자의 배경 및 역할을 파악하였으며, 설문조사 결과의 당위성을 파악할 수 있도록 구성하였다. 시설별 방사선비상대응 체계 현황 조사 단계에서는 시설 특성과 리스크를 반영한 방사선비상대응 체계의 수립 및 운영 실태를 파악할 수 있도록 구성하였다. 마지막으로, 현행 방사능방재 체계 운영에 따른 개선 필요사항 단계에서는 현행 규제체계가 시설의 특성과 리스크를 충분히 반영하고 있는 지와 개선 필요사항을 파악할 수 있도록 구성하였다.

2.2. 국내 비원전 방사선이용시설 방사능방재 규제 개선 방향 도출

본 연구에서는 앞서 식별한 방사능방재 규제 개선 필요사항에 대한 개선 방향을 제시하였다. 이를 위해 식별한 각각의 방사능방재 규제 개선 필요사항에 대한 국외의 방사능방재 규제 현황을 조사하였다. 이를 위하여, 비원전 방사선이용시설에 대해 차등적인 방사능방재 규제 수립을 권고하고 수행하고 있는 IAEA, 미국, 영국의 방사능방재 규제 현황을 조사하였다.

IAEA의 경우, GSR Part 7, GS-G-2.1, GSG-2 문헌 등을 통해 원자력발전소와 그 외의 비원전 방사선이용시설에 대한 차등적 방사능방재 규제 수립을 권고하고 있다[1-3]. 그리고 해당 문헌에서는 원자력발전소와 그 외 비원전 방사선이용시설을 총 5개의 비상대비범주로 구분하고 있으며, 구분한 비상대비범주별로 규제요건, 비상분류등급 등과 같은 규제 요건을 상이하게 적용할 것을 권고하고 있다.

미국의 경우, 원자력이용시설을 1) 원자력발전소, 2) 연구용 원자로, 3) 소형모듈원자로(Small Module Reactor; SMR), 4) 그 외 비원전 방사선이용시설로 구분하고 있다. 그리고 구분한 각각의 시설에 대해서 방사능방재 규제 지침을 상이하게 적용하고 있다. 그 외 비원전 방사선이용시설에는 핵연료주기시설, 핵물질이용시설, 부산물 처리시설, 고준위방사성폐기물 처분시설이 포함되며, RegGuide 3.67을 통해 방사능방재 규제 지침을 별도로 제시하고 있다[6].

영국은 REPPIR 2019 (Radiation Emergency Preparedness and Public Information Regulation 019)과 IRR 17(The Ionising Radiations Regulations 2017)을 통해 방사선이용시설에 대한 방사능방재 규제 체계를 구축하고 있다[14-15]. 영국에서는 비원전 방사선이용시설에 대한 방사선비상계획 수립 시에 사전 위험도 평가를 수행하도록 하고 있다. 그리고 위험도 평가 결과를 바탕으로 차등적 방사능방재 규제 요건을 적용하고 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 국내 비원전 방사선이용시설 방사능방재 규제 개선 필요사항 식별

3.1.1. 연구용 원자로

Table 2에 연구용 원자로 내 방사능방재 규제 개선 필요사항을 나타내었다. 연구용 원자로 운영에 따른 방사능방재 규제 개선 필요사항 설문조사 결과, 1) 시설의 리스크를 고려한 시설 분류 체계 개선, 2) 연구용 원자로의 비상계획구역 기준 개선으로 나타났다. 아래에 각각의 필요사항에 대한 세부내용을 기술하였다.

3.1.1.1. 시설의 리스크를 고려한 시설 분류 체계 개선

연구용 원자로 A에서는 시설 분류 체계 개선을 방사능방재 규제 개선 필요사항으로 답하였다. 현행 국내의 방사능방재법은 원자력사업자를 소규모와 소규모외원자력사업자로 구분하여, 원자력사업자의 비상대책요건을 정하고 있다. 소규모외원자력사업자로 분류되는 연구용 원자로, 핵연료주기시설, 방사성폐기물관리시설 등은 발전용원자로에 비해 상대적으로 리스크가 낮음에도 불구하고, 발전용 원자로에 준하는 비상대책요건이 적용되고 있다.

이에 따라, 소규모외원자력시설에서는 비상계획 수립에 따른 인력·비용 등의 비효율성을 우려하였다. 연구용 원자로를 운영하는 시설 A에서는 IAEA와 미국 등의 사례를 참조하여, 원자력이용시

Table 2. Summary of regulatory improvement needs for radiological emergency response in non-reactor nuclear facility

Types of Non-reactor Nuclear Facility	Regulatory improvement needs for radiological emergency response
Research Reactor	- Improvement of the facility classification system - Improvement of the criteria for establishing Emergency Planning Zone
Nuclear Fuel Cycle Facility	- Need to update risk-informed facility classification criteria - Setting training frequencies based on risk-informed criteria - Establishment of quantitative Emergency Action Levels - Lack of exemption criteria for radiation emergency planning
Industrial Radiation-use Facility	- Regulatory framework that does not adequately reflect facility-specific characteristics - Setting training frequencies based on risk-informed criteria
Radioactive Waste Management Facility	- Absence of dose assessment procedures for accident scenarios - Establishment of effective frequencies and scales for emergency response exercises - Need to institutionalize the participation of relevant authorities in establishing radiological Emergency Planning Zones

설을 “대/중/소”의 3분류 체계로 개선할 필요가 있다고 답하였다. 시설의 리스크가 극히 낮은 시설에 대해서는 방사선비상계획 수립 면제 요건의 도입이 필요하다고 답하였다.

3.1.1.2. 연구용 원자로의 비상계획구역 기준 개선

연구용 원자로 A에서는 연구용 원자로의 비상계획 구역 설정 기준을 개선할 필요가 있다고 답하였다. 연구용 원자로 A에서는 국제 기준과 미국의 사례를 고려하였을 때, 연구용 원자로의 긴급보호조치구역(Urgent Protective Zone; UPZ)의 반경이 상대적으로 크다고 답하였다.

IAEA의 경우, GS-G-2.1을 통해 10-100 MW_{th} 열출력을 가진 연구용 원자로의 UPZ를 0.5-5 km로 제시하고 있다[3]. 미국의 경우, NUREG-0846과 ANSI/ANS 15.16을 통해 20-50 MW_{th} 열출력을 가진 연구용 원자로의 UPZ는 0.8 km로 제시하고 있다[16,17]. 반면, 같은 용량의 국내 연구용 원자로의 경우 UPZ는 1.5 km로 설정된다. 이에 따라, 연구용 원자로 A에서는 연구용 원자로의 비상계획구역 설정의 개선을 규제 필요사항으로 언급하였다.

3.1.2. 핵연료주기시설

Table 2에 핵연료주기시설 내 방사능방재 규제 개선 필요사항을 나타내었다. 핵연료주기시설 운영에 따른 방사능방재 규제 개선 필요사항 설문조사 결과, 1) 단순 농축도에 기반한 규제요건 개선, 2) 방재훈련의 빈도 개선, 3) 방사선비상 발령기준을 개선 필요사항, 4) 방사선비상계획 면제 허용기준 도입으로 나타났다. 아래에 각각의 필요사항에 대한 세부내용을 기술하였다.

3.1.2.1. 단순 농축도에 기반한 규제요건 개선

핵연료주기시설 A에서는 단순 농축도에 기반한 방사능방재 규제 요건을 개선 필요사항으로 답하였다. 방사능방재법 제23조에 따르면, 현재 국내의 핵연료가공시설은 우라늄 농축도 5%와 우라늄 보유량을 기반으로 소규모원자력사업자와 소규모 외 원자력사업자로 구분되고 있다[18]. 그리고 핵연료주기시설 A에서는 우라늄 농축도 5% 미만의 저농축 우라늄을 취급하고 있으며, 소규모원자력사업자로 분류되어 상용원전에 적용되는 규제 요건보다 비교적 완화된 규제를 적용 받고 있다.

그러나 핵연료주기시설 A에서는 향후 상용원전의 발전 효율을 높이기 위해 농축도 5~20% 수준의 저농축 우라늄을 취급할 예정이다. 현재 우라늄 취급량에 농축도 5%를 초과하는 우라늄을 취급할 경우에는 저농축 우라늄을 취급하는 시설임에도 불구하고, 소규모 외 원자력사업자로 분류된다. 이와 같은 경우, 핵연료주기시설 A에서는 상용원전 수준의 방사선비상 계획을 수립해야 한다. 이는 시설 운영 시 비용, 인력 측면에서 상당한 부담이 될 것이라고 답하였다. 이에 따라, 현재 핵연료 농축도 기준을 최신화할 필요가 있다고 답하였으며, 리스크 평가 체계 수립을 통해 시설분류 체계의 개선이 필요하다고 답하였다.

3.1.2.2. 방재훈련 빈도 개선

핵연료주기시설 A와 핵연료주기시설 B의 방사선비상 대응 실무자는 방재훈련 빈도 개선을 방사능방재 규제 요건 개선 필요사항으로 답하였다. 현재 국내 방사능방재법에서는 허가단위 기준으로 방재훈련의 주기를 설정하고 있다. 이에 따라, 동일한 방사선비상계획구역 내 다수의 허가 시설을 보유할 경우에는 중복 훈련이 수행되고 있다.

핵연료주기시설 A의 경우, 다수의 핵연료가공시설이 별도의 허가를 통해 운영되고 있다. 그리고 핵연료주기시설 B의 경우에도 동일 부지 내 별도의 허가를 받은 다수의 방사선이용시설이 존재한다. 이에 따라, 동일 수준의 전면훈련을 법정 주기의 2배 수준으로 수행하고 있다고 답하였으며, 업무·인력·비용 측면에서의 효율성 저하를 우려하였다. 이에 따라, 현재 방재훈련 주기 설정 기준을 재수립할 필요가 있다고 답하였다.

3.1.2.3. 방사선비상 단계별 발령기준 개선

핵연료주기시설 A와 핵연료주기시설 B에서는 방사선비상 발령기준 개선을 방사능방재 규제 개선 필요사항으로 답하였다. 현행 방사능방재법에서는 방사선비상의 종류로 1) 백색비상, 2) 청색비상, 3) 적색비상으로 구분하고 있다. 상기의 방사선비상 종류는 정량적 기준이 부재하며, 사고로 예상되는 방사선학적 영향의 범위를 바탕으로 구분하고 있다. 방사선비상 종류의 정량적인 기준 설정 부재로 방사선비상계획 수립에 어려움이 있다고 실무자들은 답하였다.

핵연료주기시설 A와 핵연료주기시설 B에서는 공통적으로, 사고 시 부지경계에서의 선량률이나 부지 밖 선량률과 같은 정량적인 기준이 별도로 제시되어 있지 않아, 방사선비상 종류별 발령기준 설정과 내부 절차화가 어렵다고 답하였다. 이로 인해 방사선비상계획에 대한 인허가 수행 시 규제기관과 사업자 간의 비효율적인 업무 수행을 우려하였다. 이에 따라, 방사선비상 단계별 정량적인 발령기준이 필요하다고 답하였다.

3.1.2.4. 방사선비상계획 면제 허용기준 도입

핵연료주기시설 B에서는 방사선비상계획 면제 허용기준의 도입을 방사능방재 규제 개선의 필요사항으로 답하였다. 현행 방사능방재법에서는 방사성동위원소 생산·판매·사용 허가자에 대해서만 방사선비상계획 수립을 면제하고 있으며, 그 외의 비원전 방사선이용시설 사업자에 대해서는 방사선비상계획 수립의 면제 허용기준을 적용하고 있지 않다.

이에 따라 사고에 따른 위험도가 극히 낮을 것으로 예상되는 국내의 비원전 방사선이용시설에서도 방사선비상계획을 수립하고 있으며, 시설 운영 시 업무·인력·비용 측면에서의 비효율을 우려하였다. 따라서, 위험도 평가를 기반으로 한 방사선비상계획 면제 허용기준의 도입을 필요사항으로 답하였다.

3.1.3. 산업방사선시설

Table 2에 산업방사선시설 내 방사능방재 규제 개선 필요사항을 나타내었다. 산업방사선시설 운영에 따른 방사능방재 규제 개선 필요사항 설문조사 결과, 1) 시설의 특성과 리스크를 고려한 방사능방재 규제, 2) 방재훈련의 규모와 빈도를 개선 필요사항으로 답변하였다. 아래에 각각의 필요사항에 대한 세부내용을 기술하였다.

3.1.3.1. 시설의 특성과 리스크를 고려한 방사능방재 규제 개선

산업방사선시설 A와 B에서는 시설의 특성과 리스크를 고려한 방사능방재 규제 개선을 개선 필요사항으로 답하였다. 현재 감마선 조사시설은 방사능방재법상 소규모원자력시설로 분류되고 있다. 해당 시설에서는 “민간기업이 운영하는 특성이 있음에도 불구하고, 국가 주요 보안시설에 준하는 준하는 방재규제 체계의 적용을 받고 있다” 라고 답하였다.

실제로 해당 시설에서는 사고 시 방사선원이 수조로 하강하도록 설계되어 있다. 그리고 이러한 특성으로 사고 시 방사선학적 영향은 시설 내부나 부지 내부로 국한될 것으로 판단하고 있다. 그러나 현행 방사능방재법에서는 이러한 시설의 특성과 리스크 평가 결과에 관계없이 적색비상과 같은 부지 외 방사선비상 상황에 대해서도 비상계획을 수립하도록 하고 있다. 또한 해외의 유사한 산업방사선시설에서는 방사능방재 규제 대상에서 제외되고 있으며, 이로 인해 기술경쟁력 약화를 우려하고 있었다. 이에 따라, 시설의 특성과 리스크를 고려하여, 방사능방재 규제를 개선할 필요가 있다고 답하였다.

3.1.3.2. 방재훈련의 규모와 빈도 개선

산업방사선시설 A와 B에서는 방재훈련의 규모와 빈도 개선을 방사능방재 규제 개선 필요사항으로 답하였다. 현재 산업방사선시설 A와 같은 산업방사선시설에서는 원자력발전소와 같은 국가보안시설과 동일하게 방사능방재, 물리적 방호, 사이버보안 등의 훈련을 수행하고 있다. 그리고 현재 산업방사선시설에서는 시설의 리스크와 관계없이 모든 종류의 방사선비상 단계에 대한 비상계획을 수립하고 있다.

특히, 산업방사선시설에서 방재훈련은 비상경보음을 동반하여 수행하고 있다. 산업방사선시설에서는 훈련과정에서 발생하는 비상경보음과 직원 대피 모습은 주변 주민의 불안감을 조성할 수 있다고 답하였으며, 산업방사선시설이 위험한 시설이라는 인식과 소문을 우려하고 있었다. 그리고 현재 산업방사선시설에서는 시설 내 사고에 따른 방사선학적영향 범위에 관계없이 백색 및 청색비상 뿐만 아니라, 적색비상에 대해서도 방사선비상계획을 수립하고 있다. 이로 인하여, 방사선비상계획 수립 시 비효율적인 업무 수행을 우려하고 있었다. 이에 따라, 산업방사선시설에서는 시설의 리스크와 특성을 고려하여 방재훈련의 규모 개선이 필요하다고 답하였다.

3.1.4. 방사성폐기물관리시설

Table 2에 방사성폐기물관리시설 내 방사능방재 규제 개선 필요사항을 나타내었다. 방사성폐기물관리시설 운영에 따른 방사능방재 규제 개선 필요사항 설문조사 결과, 1) 사고 시 리스크 평가 체계 수립, 2) 방재훈련의 빈도 개선, 3) 방사선비상계획구역 설정 시 관계기관 참여 법제화를 방사능방재 규제 개선의 필요사항으로 답하였다. 아래에 각 사항에 대한 세부 내용을 기술하였다.

3.1.4.1. 사고 시 리스크 평가 체계 수립

방사성폐기물관리시설 A에서는 사고 시 리스크 평가 체계 수립을 방사능방재 규제 개선의 필요사항으로 답하였다. 현재 방사능방재법에서는 원자력사업자를 단순 규모를 기준으로 소규모원자력사업자와 소규모 외 원자력사업자로 분류하고 있다. 이에 따라, 소규모원자력사업자와 소규모 외 원자력사업자 사이의 중분류가 부재하며, 원자력사업자로 분류될 경우에는 상용원전에 준하는 수준의 방사능방재 규제가 수행된다. 따라서 일부 원자력사업자는 방사능방재 규제 일부 사항을 면제 혹은 완화하고자 별도의 리스크 평가를 수행하여, 규제기관의 인허가를 받고 있다.

사고 시 리스크 평가 체계가 부재함에 따라, 일부 원자력사업자는 타 기관에서 개발한 전산코드를 통해 리스크 평가를 수행하고 있다. 그러나 현재 개발된 사고 시 리스크 평가 모델의 다양성으로 인해 인허가 수행 시 규제기관과 사업자 간의 리스크 평가 결과에 대한 다양한 검증 절차가 수행되고 있다. 이로 인해, 원자력사업자는 규제기관과 사업자 간의 비효율적인 업무 수행을 우려하고 있다. 이에 따라, 방사성폐기물관리시설 A에서는 사고 시 리스크를 평가할 수 있는 리스크 평가 체계를 수립할 필요가 있다고 답하였다.

3.1.4.2. 방재훈련의 규모와 빈도 개선

방사성폐기물관리시설 A와 B는 방재훈련 규모와 빈도의 개선을 방사능방재 규제 개선의 필요사항으로 답하였다. 현재 방사성폐기물관리시설 A에서는 지자체 연합 훈련이 아닌 자체훈련을 부분훈련과 전체훈련으로 구분하여 수행하고 있다. 그리고 현행 국내 방사능방재법에서는 방재훈련을 허가 단위로 설정하여 수행하고 있음에 따라, 동일 부지 내의 다수의 시설이 별도로 허가를 받을 경우에는 방재훈련이 중복적으로 수행될 수 있다.

방사성폐기물관리시설 A의 방사성폐기물 처분시설은 1단계 동굴처분시설, 2단계 표층처분시설, 3단계 처분시설로 구성될 예정이다. 2단계와 3단계 처분시설 완공 시, 1단계 처분시설에 대한 방재훈련 뿐만 아니라 2단계, 3단계 처분시설에 대한 방재훈련이 중복적으로 수행될 수 있다. 그리고 해당 과정에서 훈련의 빈도에 비해 지자체 훈련의 부재로 훈련의 실효성이 떨어질 수 있음을 우려하였다. 이에 따라, 방사성폐기물관리시설 A에서는 방재훈련의 빈도와 그 규모에 대한 개선이 필요하다고 답하였다.

3.1.4.3. 방사선비상계획구역 설정 시 관계기관 참여 법제화 필요

방사성폐기물관리시설 A에서는 방사선이용시설에 대한 비상계획구역 설정 시, 관계기관 참여의 법제화를 방사능방재 규제 개선의 필요사항으로 답하였다. 현행 방사능방재법에서는 방사선이용시설의 방사선비상계획구역 설정 시, 관련 기관의 참여 여부에 대한 사항이 명시되어 있지 않다. 그러나 방사선이용시설 부지 밖의 비상계획구역 설정 시에는 지역 특성과 주민 보호 측면에서 지자체와 같은 관계기관의 의견 수렴이 필요하다.

방사성폐기물관리시설 A의 경우, 운영 중인 방사성폐기물 처분시설의 비상계획구역 설정 시에 소속 지자체에 관련 공문을 발송하는 등의 관계기관의 검토와 참여를 요청하고 있다. 그러나 상기한 법제화의 부재로 인하여, 해당 지자체는 관련 업무에 대한 의무사항이 없다. 이로 인하여, 시설 부지 주변의 방사선비상계획구역 설정이 지연되어 행정상의 비효율을 겪고 있다. 이에 따라, 방사선비상계획구역 설정 시 관계기관의 참여 법제화를 규제 개선의 필요사항으로 답하였다.

3.1.5. 국내 비원전 방사선이용시설 운영에 따른 방사능방재 규제 개선 필요사항

Fig. 1에 국내 비원전 방사선이용시설 운영에 따른 방사능방재 규제 개선 필요사항을 나타내었다. 국내 비원전 방사선이용시설별 방사능방재 규제 개선 필요사항 식별 결과, 주요 규제 개선 필요사항은 1) 리스크 평가 체계 도입, 2) 리스크 정보 활용 방재훈련 빈도와 규모 개선, 3) 리스크 정보 활용 방사선비상 종류 설정, 4) 방사선비상계획 면제 허용기준 도입으로 식별되었다.

3.2. 국내 비원전 방사선이용시설 방사능방재 규제 개선 방향 도출

앞서 식별한 수행한 국내 비원전 방사선이용시설 방사능방재 규제 개선 필요사항에 대한 국외 방사능방재 규제 현황을 조사하고, 이를 기반으로 규제 개선 방향을 도출하였다.

3.2.1. 리스크 평가 체계 도입

Table 3에 국외 원자력이용시설의 분류 체계를 요약하여 나타내었다. IAEA에서는 리스크 평가 결과를 바탕으로 시설을 분류할 것을 권고하고 있다[1-3]. 시설 내 사고에 따른 시설 주변 주민 방사선학적 영향 평가 결과를 바탕으로 원자력이용시설을 5가지의 비상대비범주로 구분하여 제시하고 있다. 비상대비범주는 I~V까지 5가지로 분류하고 있으며, I에서 V로 갈수록 시설의 위험성과 방사선학적 위험의 수준은 감소한다. 그리고 각 비상대비범주별로 방사선비상 대응체계의 범위, 조치수준, 자원배분, 훈련 및 비상계획을 차등적으로 수립하도록 권고하고 있다.

영국에서는 앞서 언급한 바와 같이, 사전 리스크 평가 결과를 바탕으로 차등적인 방사선비상계획을 수립하도록 하고 있다. 먼저, 비원전 방사선이용시설에 대해서 방사능방재 규제 체계인 REPPIR 2019의 적용 여부를 판단하기 위해, 1) 시설 내 방사성 핵종 보유량, 2) 시설 내 핵분열성 물질 보유량, 3) 사고 시 부지 외 일반인 유효선량 기준을 제시하고 있다[14-15]. 각 기준 미만인 시설에 대해서는 방사선비상 사고 발생의 가능성과 리스크를 낮다고 판단하여 REPPIR 2019 적용을 면제하고 있다. 해당 기준을 초과하는 시설에 대해서는 사고 빈도와 사고에 따른 주변 주민 방사선학적 영향을 종합적으로 고려하여 리스크 평가를 수행하고 있다. 해당 리스크 평가 결과를 바탕으로 방사선비상계획 수립을 차등적으로 수행하고 있다.

IAEA에서는 시설 내 사고에 따른 방사선학적 영향을 고려하여, 원자력이용시설의 비상대비범주를 설정하였다. 그리고 각 비상대비범주별 차등적 방사선비상계획을 수립하도록 권고하고 있다. 영국에서는 사고 빈도와 사고 시 부지 주변 일반인 유효선량 평가 결과를 종합적으로 고려한 리스크 평가 결과를 바탕으로, 방사선비상계획을 차등적으로 수립하고 있다. 이외에도 미국에서는 방사선이용시설의 리스크를 바탕으로 시설을 세부 구분하고 있으며, 구분한 시설별로 차등적인 방사선비상계획을 수립하고 있다. 이에 따라, 국내에서도 리스크 평가 체계를 도입하여, 시설을 세부 구분할 필요가 있다. 그리고 구분한 시설별로 차등적인 방사선비상계획 수립이 필요할 것으로 판단된다. 따라서 방사선비상 시 피폭방사선량, 사고 빈도, 방사성물질 유출 등의 리스크를 종합적으로 고려할 수 있는 리스크 평가 모델 수립을 통해 방사선비상계획 수립 시 규제의 최적화를 수립할 수 있을 것으로 판단된다.

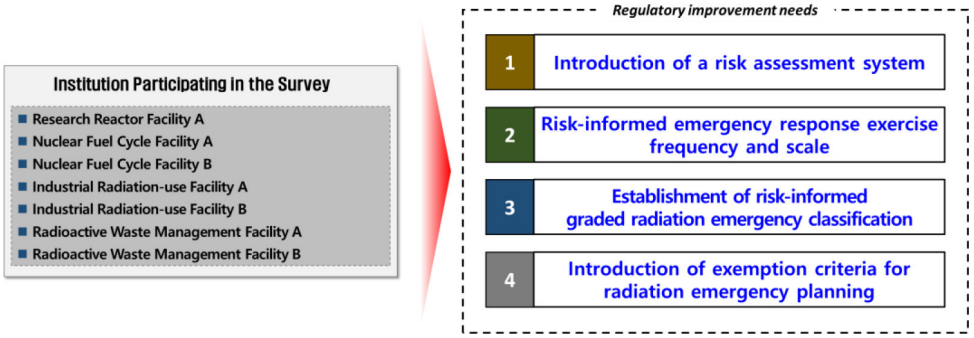

Fig. 1. Regulatory improvement needs for radiological emergency preparedness in non-reactor nuclear facilities

Table 3. Summary of nuclear facility classification systems

Institutions/Country	Emergency preparedness category (EPC)
IAEA	- Facilities are classified into five emergency preparedness categories ▪ Category I – Nuclear power plant etc. ▪ Category II – Research reactor, naval propulsion reactors etc. ▪ Category III – Industrial irradiation facilities, hospitals etc. ▪ Category IV – Transport of radioactive materials etc. ▪ Category V – Areas adjacent to nuclear facilities in other countries - From Category I to III, radiological risks decrease, and the requirements for emergency preparedness and response become less stringent.
U.S. (United States)	- Facilities are classified into four emergency preparedness categories ▪ Nuclear power plant ▪ Research reactor ▪ Small modular reactor. ▪ Non-reactor nuclear facilities (Nuclear fuel cycle facility, HLRW etc.) - Separate radiological emergency preparedness guidelines applied for each facility type
U.K. (United Kingdom)	- Graded emergency planning based on accident frequency and radiological consequences - Exempt from the application of REPPIR 2019 when the radionuclide thresholds in Schedule 1 and the following criteria are satisfied ▪ Non-dispersible radioactive sources ▪ Radioactive materials with an activity concentration ≤100 Bq/g ▪ Radioactive materials meeting the specifications for Special Form Radioactive Material under the UN Model Regulations for the Transport of Dangerous Goods ▪ Radioactive materials packaged in Type B (U), Type B (M), or Type C packages ▪ Exempt from REPPIR 2019 when demonstrating public annual effective dose does not exceed 1 mSv during radiation emergency

3.2.2. 방재훈련 빈도와 규모 개선

Table 4에 미국의 방재훈련 빈도와 규모를 나타내었다. 미국의 경우, 10 CFR Part 50, 72, 76를 통해 부지 외 훈련주기와 훈련 규모를 제시하고 있다[7-9]. 미국에서는 발전용원전의 부지 외 훈련이 2년에 1회 수행된다. 그러나 동일 부지 내에 서로 다른 허가 시설이 존재할 경우에는 4년에 1회 부지 외 훈련을 수행하도록 하고 있다. 훈련 규모의 경우, 시설 별 리스크를 고려하여 차등적으로 수행할 것을 제시하고 있다.

이에 따라, 동일한 부지 내 인허가 시설이 다수 존재하는 경우, 부지 경계 또는 내외에 대한 위험도 평가를 통해 안전성 여부를 판단하여 부지 단위별 훈련 주기 설정을 고려할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 훈련의 규모 또한 시설별 사고에 따른 부지 내·외의 방사선량 평가 결과를 바탕으로 방사선비상 단계별 차등적 훈련 규모 설정이 필요할 것으로 판단된다.

3.2.3. 리스크 정보 활용 차등적 방사선비상 종류 설정

Table 5에 국외 원자력이용시설별 방사선비상 발령의 종류를 나타내었다. IAEA에서는 구분한 비상대비범주를 바탕으로 시설별 방사선비상의 종류를 차등적으로 제시하고 있다. IAEA에서는 방사선비상의 종류를 1) Alert, 2) Facility Emergency, 3) Site Area Emergency, 4) General Emergency로 구분하고 있으며, 방사선학적 영향의 범위에 따라 비상의 종류를 구분하고 있다[1]. 비상대비범주 I, II에 해당하는 시설은 모든 방사선비상 단계를 적용하도록 권고하고 있으며, 비상대비범주 III에 해당하는 시설은 General Emergency를 제외한 방사선비상 단계를 적용하도록 권고하고 있다.

미국의 경우, 방사선비상의 종류를 1) NOUE (Notification of Unusual Events), 2) Alert, 3) Site Area Emergency, 4) General Emergency로 구분하고 있다[6]. 그리고 구분한 시설별로 방사선비상의 종류를 상이하게 설정하고 있다. RegGuide 3.67의 적용을 받는 그 외 비원전 방사선이용시설에서는 NOUE 와 General Emergency를 제외한 방사선비상 종류에 대하여 비상계획을 수립하도록 하고 있다. 반면, 이외의 10 CFR 50의 적용을 받는 시설에서는 모든 방사선비상 종류를 고려하도록 하고 있다. 그리고 미국의 경우, 원자력이용시설의 사고 리스크를 구분하고 대응 조치를 결정하기 위한 방사선비상 발령기준(Emergency Action Level)을 설정하고 있다. EAL은 시설의 위치와 특성을 반영하여 사전에 설정된 정량적이고 명확한 기준값으로 구성된다. 그리고 시설 내 계측기 판독값, 설비의 상태, 관찰 가능한 현상 등을 통해 현장에서 즉시 확인할 수 있도록 하고 있다.

IAEA와 미국에서는 원자력이용시설의 리스크를 기반으로 시설을 구분하고, 구분한 시설에 대해서 방사선비상의 종류를 차등적으로 설정하고 있다. IAEA의 경우, 비상대비범주 III에 해당하는 시설에서는 General Emergency를 제외한 방사선비상의 종류

Table 4. Frequency and scale of emergency preparedness exercise in the United States

Category	Exercise requirement
Frequency of exercise	- Multi unit sites: One full-participation exercise every 4 years, plus off-site participation - Single unit sites: One full-participation exercise every 2 years, plus off-site participation
Scale of exercise	- Commercial nuclear power plants: Full-participation exercise including state, local, and federal agencies once per cycle - Spent nuclear fuel storage facilities, gaseous diffusion plants, fuel cycle facilities: Participation of off-site authorities as required by the facility's licensed emergency planning obligations

Table 5. Summary of graded radiation emergency classification by type of nuclear facility

Institutions/Country	Type of Radiation Emergency
IAEA	- Emergency preparedness category I and II: Application of all emergency classification levels are recommended ▪ Alert ▪ Facility emergency ▪ Site area emergency ▪ General emergency - Emergency preparedness category III: Application of 3 emergency classification levels are recommended ▪ Alert ▪ Facility emergency ▪ Site area emergency
U.S. (United States)	- Facilities subject to 10 CFR 50: Application of all emergency classification levels are recommended ▪ NOUE(Notification of Unusual Events) ▪ Alert ▪ Site Area Emergency ▪ General Emergency - Facilities subject to RG 3.67: Application of 2 emergency classification levels are recommended ▪ Alert ▪ Site Area Emergency

Table 6. Detailed exemption criteria for radiological emergency planning in foreign countries

Country	Category	Detailed Exemption Criteria for Radiological Emergency Planning
U.S. (United States)	Status of REP exemption	- For nuclear facilities, regulatory criteria specifying facility-specific exemption standards for Radiological Emergency Planning (REP) are provided - The following facilities have defined exemption criteria (e.g., dose, possession limits): ▪ Special nuclear material processing facilities ▪ Byproduct material processing facilities ▪ Uranium enrichment and conversion facilities ▪ Gaseous diffusion plants
	Facility-specific REP Exemption criteria	- Special nuclear material processing facilities: Maximum off-site effective dose to the public shall not exceed 1 rem in the event of an accident; maximum soluble uranium intake ≤2 mg - Byproduct material processing facilities: Maximum off-site effective dose to the public shall not exceed 1 rem, and the committed effective dose equivalent (CEDE) limit is 5 rem. - Uranium enrichment / conversion facilities: Exemption applies when annual possession does not exceed 50 kg of UF_6 or the equivalent amount. - Gaseous diffusion plants: No exemption from REP; a full written emergency plan is required
U.K. (United Kingdom)	Status of REP exemption	- REP is required for any facility handling radioactive substances or nuclear materials above the threshold values defined in regulation - REPPIR 2019 specifies threshold criteria for exemption; facilities below these thresholds are exempt from producing a full Radiological Emergency Plan
	Facility-specific REP Exemption criteria	- Facilities below Schedule 1 or Schedule 2 threshold values - Except for special radioactive substances, facilities where the inventory does not exceed 100 Bq/g of radioactive material - Annual public exposure must not exceed 1 mSv

Level	Impact	Criteria
Very high	5	- Above 1 Sv
High	4	- 100 ~ 1,000 mSv
Medium	3	- 10 ~ 100 mSv
Low	2	- 1 ~ 10 mSv
Very low	1	- Below 1 mSv

Level	Frequency	Accident frequency in 5 year
Very high	5	- Above 1/2
High	4	- 1/2 ~ 1/20
Medium	3	- 1/20 ~ 1/200
Low	2	- 1/200 ~ 1/2,000
Very low	1	- Below 1/20,000

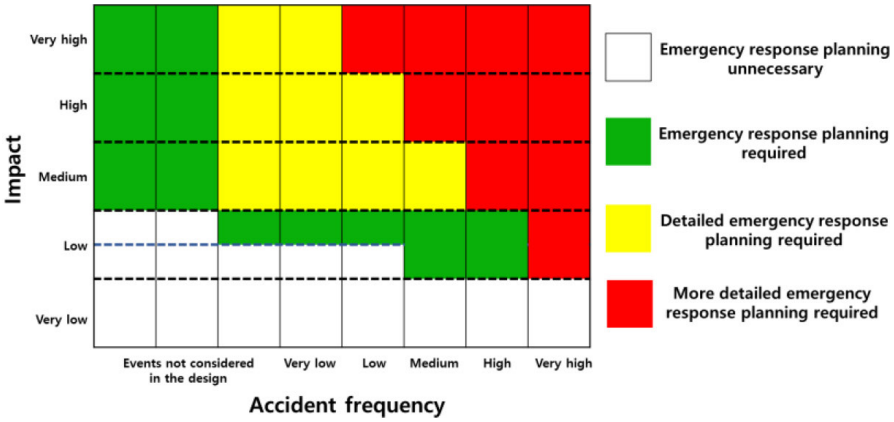

Fig. 2. Example of a radiation emergency planning graded approach considering accident frequency and radiological impact

를 고려하도록 권고하고 있으며, 미국에서도 비원전 방사선이용시설에 대해서 NOUE와 General Emergency를 제외한 방사선비상 종류를 고려하도록 하고 있다. 이에 따라, 국내에서도 비원전 방사선이용시설의 리스크를 고려한 방사선비상 종류의 차등적 설정이 필요할 것으로 판단된다.

3.2.4. 방사선비상계획 면제 허용기준 도입

Table 6에 국외의 방사선비상계획 면제 허용기준 사례를 요약하여 나타내었다. 먼저, 미국에서는 그 외 비원전 방사선이용시설에 해당하는 특수핵물질 시설, 부산물 취급시설, 일부 핵연료주기 시설에 대하여 방사선비상계획 면제 허용기준을 도입하고 있다[9-13]. 각 시설에서의 방사선비상계획 수립 면제 기준은 아래 표에 요약하여 나타내었다.

영국에서는 REPPIR 2019 문헌을 통해 일정 기준 이상의 방사성물질 또는 핵분열성 물질을 취급하는 시설에 대하여 방사선비상계획 수립을 요구한다. 반대로, 해당 기준을 초과하지 않는 시설에 대해서는 방사선비상계획 수립을 면제하고 있다. 방사선비상계획 수립 면제기준은 1) 시설 내 방사성핵종 보유량, 2) 시설 내 핵분열성물질 보유량, 3) 사고 시 부지 외 일반인 유효선량으로 수립하고 있다. 그리고 시설 내 방사선원이 비분산성이고, 비방사능이 1,000 Bq/g 이하일 경우에도 방사선비상계획 수립이 면제되고 있다. 이를 만족하지 못하는 경우에도 사고 시 부지 주변 100 m에서 일반인에 대한 방사선량 계산 결과가 1 mSv를 초과하지 않음을 정량적으로 입증할 경우, 방사선비상계획 수립이 면제된다.

비원전 방사선이용시설에 대한 차등적 방재규제를 적용하고 있는 미국과 영국에서는 시설의 특성과 사고 시 리스크 결과와 주변 일반인 방사선량 평가 결과를 종합적으로 고려하여, 방사선비상계획 면제 허용기준을 수립하고 있다. 이에 따라, 국내에서도 비원전 방사선이용시설 사고 시 시설 주변 일반인 방사선량 평가 체계와 리스크 평가 체계를 구축할 필요가 있다. 수립한 평가 체계를 통해 시설별 사고의 빈도와 사고 시 주변 주민 방사선량 평가 결과를 종합적으로 고려하여, 차등적인 방사선비상계획을 수립하도록 할 필요가 있다. 그리고 위험도 평가 결과가 극히 낮은 일부 시설에 대해서 방사선비상계획 수립의 면제 가능성 검토가 필요하다고 판단된다. Fig. 2에 비원전 방사선이용시설의 사고 빈도와 사고로 인한 주변 주민 방사선량 평가 결과를 종합적으로 고려한 방사선비상계획 수립 여부 판단 예시를 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서는 국내 비원전 방사선이용시설의 방사능방재 규제 개선방향을 도출하였다. 이를 위하여 첫 번째, 국내 비원전 방사선이용시설의 방사능방재 규제 개선 필요사항을 식별하였다. 두 번째, 식별한 규제 개선 필요사항을 기반으로 규제 개선방향을 도출하였다.

규제 개선 필요사항 식별을 위하여 비원전 방사선이용시설인 연구용 원자로, 핵연료주기시설, 산업방사선시설, 방사성폐기물관리시설에서 방사선비상 대응 업무를 수행하는 실무자를 대상으로 설문조사를 수행하였다. 설문조사 대상 기관으로는 연구용 원자로의 경우 1개의 기관, 그 외의 시설에 대해서는 각 2개의 기관을 선정하였다. 국내 비원전 방사선이용시설별 방사능방재 규제 개선 필요사항 식별 결과, 규제 개선 필요사항은 1) 리스크 평가 체계 도입, 2) 리스크 정보 활용 방재훈련 빈도와 규모 개선, 3) 리스크 정보 활용 차등적 방사선비상 종류 설정, 4) 방사선비상계획 면제 허용기준 도입으로 도출되었다.

국내 비원전 방사선이용시설 방사선비상 대응 규제 개선방향 도출을 위하여, 앞서 식별한 규제 개선 필요사항별 국외 사례를 조사 및 분석하였다. 국외 사례 조사는 IAEA, 미국, 영국에서 제시하고 있는 시설 분류 현황을 분석하였고, 미국, 영국에서 제시하고 있는 시설 분류별 규제요건을 분석하였다. 또한 IAEA, 미국에서 제시하고 있는 방사선비상 분류체계 및 발령기준을 분석하였다. 조사한 국외 사례를 기반으로 도출한 4가지 규제 필요사

항별 규제 개선 방향을 도출하였다. 방사선비상 대응 규제 개선을 위해 시설의 규모뿐만 아니라 사고 시나리오, 사고 빈도, 방사성물질 유출 등을 종합적으로 고려한 리스크 평가 체계 도입하여 규제 개선을 고려할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 비원전 방사선이용시설별 리스크를 정량적으로 도출하여 규제 수준을 차등적으로 개선할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구 결과는 향후 국내 비원전시설 방사능방재 규제체계의 차등규제를 위한 기반자료로 활용될 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구사업의 연구결과입니다. (RS-2025-02312174)

참고문헌

1. International Atomic Energy Agency (IAEA). 2015. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. IAEA Safety standards series No. GSR Part 7. IAEA, Vienna.
2. International Atomic Energy Agency (IAEA). 2011. Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. Safety Standards Series No. GSG-2. IAEA, Vienna.
3. International Atomic Energy Agency (IAEA). 2007. Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency. Safety Standards Series No. GS-G-2.1. IAEA, Vienna.
4. Nuclear Safety and Security Commission (NSSC). 2025. Act on Physical Protection and Radiological Emergency Article 1.
5. Nuclear Safety and Security Commission (NSSC). 2024. The Third National Radioactive Disaster Prevention Plan. NSSC, Seoul, Korea.
6. U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC). 2012. Standard Format and Content for Emergency Plans for Fuel Cycle and Materials Facilities (Regulatory Guide 3.67). NRC, Washington, DC.
7. U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC). 2025. Code of Federal Regulations, Title 10, Energy: Part 50 – Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities, Washington, DC.
8. U.S. Nuclear Regulatory Commission. 2024. Code of Federal Regulations, Title 10, Energy: Part 72 – Licensing Requirements for the Independent Storage of Spent Nuclear Fuel, High-Level Radioactive Waste, and Reactor-Related Greater Than Class C Waste. U.S. Government Publishing Office, Washington, DC.
9. U.S. Nuclear Regulatory Commission. 2024. Code of Federal Regulations, Title 10, Energy: Part 76 – Certification of Gaseous Diffusion Plants. U.S. Government Publishing Office, Washington, DC.
10. U.S. Nuclear Regulatory Commission. 2024. Code of Federal Regulations, Title 10, Energy: Part 30 – Rules of General Applicability to Domestic Licensing of Byproduct Material. U.S. Government Publishing Office, Washington, DC.
11. U.S. Nuclear Regulatory Commission. 2024. Code of Federal Regulations, Title 10, Energy: Part 40 – Domestic Licensing of Source Material. U.S. Government Publishing Office, Washington, DC.
12. U.S. Nuclear Regulatory Commission. 2024. Code of Federal Regulations, Title 10, Energy: Part 63 – Disposal of High-Level Radioactive Wastes in a Geologic Repository at Yucca Mountain, Nevada. U.S. Government Publishing Office, Washington, DC.
13. U.S. Nuclear Regulatory Commission. 2024. Code of Federal Regulations, Title 10, Energy: Part 70 – Domestic Licensing of Special Nuclear Material. U.S. Government Publishing Office, Washington, DC.
14. UK Government. 2019. The Radiation (Emergency Preparedness and Public Information) Regulations 2019 (REPPIR 2019). Statutory Instrument 2019 No. 703. Her Majesty's Stationery Office (HMSO), London, UK.
15. UK Government. 2017. The Ionising Radiations Regulations 2017, London, UK.
16. American National Standards Institute (ANSI). 2024. Emergency Planning for Research Reactors, ANSI/ANS-15.16-2015.
17. U.S. Nuclear Regulatory Commission. 1983. Standard Review Plan for the Review and Evaluation of Emergency Plans for Research and Test Reactors, NUREG-0849.
18. Nuclear Safety and Security Commission (NSSC). 2025. Act on Physical Protection and Radiological Emergency Article 23.