Journal of RADIATION INDUSTRY
Vol. 19, No. 3, pp. 331-338, 2025
https://doi.org/10.23042/radin.2025.19.3.331

Original article

국내외 비발전용 원자력시설 방사능방재 규제체계 비교 분석을 통한 국내 규제체계 한계점 도출

이동규[1] · 이신동[1] · 김재현[1] · 김광표[1,*]

[1]경희대학교 원자력공학과

Identifying the Limitations of the Korean Regulatory Framework through a Comparative Analysis of Radiological Emergency Preparedness Systems for Non-Power Nuclear Facilities

Dong Gyu Lee[1], Shin Dong Lee[1], Jae Hyeon Kim[1], and Kwang Pyo Kim[1,*]

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

ABSTRACT The International Atomic Energy Agency (IAEA), through GSR Part 7, recommended a graded approach to radiological emergency preparedness, requiring that protective actions be commensurate with the characteristics and risks of nuclear facilities. In contrast, the Korean Radiological Emergency Preparedness Act applied a dichotomous framework based on facility size, without fully reflecting facility-specific risk. This study aimed to compare international and domestic regulatory frameworks for non-power nuclear facilities to identify limitations in the Korean system. Relevant legislation and regulatory documents from the United States, the United Kingdom, and Canada were reviewed and compared with the Korean framework. The results showed that the United States applied a two-tier emergency classification system to non-power facilities under 10 CFR Parts 30, 40, 63, 70, 72, 76 and NRC Regulatory Guide 3.67, differentiated planning requirements by facility type, and allowed exemptions from emergency plan submission under defined conditions. The United Kingdom, under REPPIR 2019, used a risk-based assessment combining accident consequences and probabilities to determine planning levels, and specified detailed exemption criteria. Canada, through REGDOC-2.10.1, required all Class I facilities to establish emergency plans within a four-tier classification system, while permitting adjustments in scope and rigor through a graded approach. By contrast, Korea applied a three-tier classification system but did not specify detailed declaration criteria or provide exemption provisions, limiting rational regulatory differentiation. Accordingly, the Korean regulatory framework for radiological emergency preparedness was found to have three major limitations: (1) the lack of exemption criteria for emergency planning based on facility risk, (2) the absence of established methodologies for facility-specific risk assessment, and (3) the lack of a review system for criteria to declare radiological emergency classes. These results provide a basis for establishing a graded, risk-informed regulatory framework for non-power nuclear facilities in Korea.

Key words: Non-power nuclear facilities, Radiological emergency, Graded approach, Regulatory framework

1. 서 론

국제원자력기구(IAEA, International Atomic Energy Agency)는 원자력 이용시설의 특성과 그 위험도에 따라 방사선비상 사고 발생 시 대응 조치를 차등적으로 적용할 것을 권고하고 있다[1-3]. 또한 이러한 대응 조치는 정당화되고 최적화되어야 함을 명시하고 있다. 이를 위해 원자력시설의 위험도를 고려하여 비상대응 등급을 범주화하고, 각 등급별로 상이한 규제 요건을 적용할 것을 제시한다. 이에 원자력안전위원회는 제2차와 제3차 국가방사능 방재계획을 통해 IAEA의 권고사항을 반영하여 방사능방재 규제체계를 재정비할 계획을 밝힌 바 있다[4-5].

미국 원자력규제위원회(Nuclear Regulatory Commission, NRC)

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 22 September 2025 Revised 22 September 2025 Accepted 29 September 2025

는 Regulatory Guide 3.67를 통해 핵연료주기 및 기타 방사성물질 허가시설을 대상으로, 시설의 위험도에 따라 방사선비상 분류와 대비 수준을 차등화하여 규제를 적용하는 방법론을 제시한 바 있다[6]. 영국 원자력규제청(Office for Nuclear Regulation, ONR)은 REPPIR 2019를 통해, 원자력시설의 위험도에 따라 방사선비상 대비 수준을 차등화하여 규제를 적용할 수 있는 규제 방법론을 수립한 바 있다[7]. 일본 원자력규제위원회(Nuclear Regulation Authority, NRA)는 제3기 중기목표를 통해 원자력시설 규제 시 위험도 기반 차등접근 방법론을 적용할 계획을 밝힌 바 있다[8].

국외에서는 비발전용 원자력시설의 위험도를 정량적으로 분석하고 이를 규제 요건에 반영하는 차등접근 기반 규제체계를 수립·운영하고 있다. 반면, 국내의 방사능방재법 기반 규제체계는 시설의 규모를 기준으로 원자력시설을 단순히 이분화하여, 소규모 사업자에 대해서만 일부 규제 요건을 완화하는 방식으로 운영되고 있다[9]. 이러한 체계는 시설 별 잠재적 위험도를 사전에 평가하는 절차가 부재하여, 실제 위험 수준을 규제 수준에 반영하지 못하는 구조적 한계를 내포한다. 그 결과, 위험도가 낮은 시설에 불필요하게 과도한 규제가 적용되거나, 반대로 고위험 시설에 대해 규제가 미흡해질 수 있는 문제가 발생할 가능성이 있다. 따라서 국내 규제체계의 한계를 보완하고 차등접근 기반 규제체계 확립을 위해, 차등접근에 기반한 국외 규제체계를 조사하고 이를 국내 규제체계와 비교·분석하여 한계점을 도출할 필요가 있다.

본 연구의 목적은 국내외 비발전용 원자력시설에 적용되는 방사능방재 규제체계를 비교 분석하여 국내 규제체계의 한계점을 도출하는 것이다. 이를 위해 먼저 차등접근에 기반한 국외 규제체계를 조사하고, 이를 국내 방사능방재법 기반 규제체계와 비교·분석하였다. 다음으로 이러한 비교 결과를 토대로 국내 규제체계의 한계점을 도출하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서는 비발전용 원자력시설에 적용되는 국외 규제체계를 조사하여 이를 국내 규제체계와 비교·분석하였다. 이를 위하여, 1) 차등접근 기반 국외 방사능방재 규제체계 조사, 2) 국내 방사능방재 규제체계 조사, 3) 국내 제도의 한계점 도출 순으로 연구를 수행하였다. 국외 규제체계 조사대상으로 현재 비발전용 원자력시설에 차등접근 기반 방사능방재 규제체계를 적용하고 있는 미국, 영국, 캐나다, 일본의 규제체계를 선정하였으며, 각 국가의 관련 법령과 규제 문헌을 기반으로 비발전용 원자력시설에 적용되는 규제요건을 조사하였다.

2.1. 차등접근 기반 국외 방사능방재 규제체계 조사

2.1.1. 미국의 비발전용 원자력시설 방사능방재 규제체계

미국의 방사능방재 규제체계는 단일 법령이 아닌, 시설의 유형별로 상이한 법령이 적용되는 구조로 구성되어 있다. 비발전용 원자력시설에 적용되는 규제법령은 10 CFR Part 30, 40, 63, 70, 72, 76으로, 각각 1) 부산물 물질(Byproduct) 사용 허가시설, 2) 원료물질(Source material) 사용 허가시설, 3) 고준위 방사성폐기물 지하처분시설, 4) 특수핵물질(SNM) 사용 허가 시설, 5) 독립형 사용후핵연료 저장시설, 6) 가스확산식 우라늄 농축시설에 적용된다[10-15]. 미국 NRC는 이러한 시설에 대한 방사선비상계획의 표준 형식과 기재 요건을 RG 3.67에서 제시하고 있다[6]. 본 연구에서는 해당 법령과 지침을 기반으로 미국의 방사선비상 사고 분류 체계와 비상계획서 작성 요건에 대해 조사하였다.

2.1.2. 영국의 비발전용 원자력시설 방사능방재 규제체계

영국의 방사능방재 규제체계는 Radiation (Emergency Preparedness and Public Information) Regulations 2019(REPPIR 2019)를 기반으로 운영된다. 해당 법령은 원자력발전소 뿐 아니라 핵연료주기시설, 방사성폐기물 관리시설 등 다양한 비발전용 원자력시설에 적용된다. 영국 원자력 규제국(Office for Nuclear Regulation, ONR)은 REPPIR 2019를 통해 원자력시설의 인허가를 위해 사업자가 수행해야 할 시설 위험도 평가와 방사선비상계획의 기본적인 요건을 규정하고 있다[7]. 본 연구에서는 이를 기반으로 영국의 방사선비상 사고 분류 체계와 비상계획서 작성 요건에 대해 조사하였다.

2.1.3. 캐나다의 비발전용 원자력시설 방사능방재 규제체계

캐나다의 방사능방재 규제체계는 REGDOC-2.10.1(Nuclear Emergency Preparedness and Response)을 기반으로 운영된다. 해당 규제문서는 Class I으로 분류된 모든 원자력시설에 적용되며, 여기에는 원자력발전소에 더해 핵연료주기 시설과 방사성폐기물 재처리·처분 시설 등 비발전용 원자력시설이 포함된다. 캐나다 원자력안전위원회(Canadian Nuclear Safety Commission, CNSC)는 REGDOC-2.10.1을 통해 Class I에 해당하는 원자력시설의 인허가를 위해 사업자가 수립해야 할 방사선비상 계획서 수립 요건을 규정하고 있다[16]. 본 연구에서는 이를 기반으로 캐나다의 방사선비상 사고 분류 체계와 비상계획서 작성 요건에 대해 조사하였다.

2.1.4. 일본의 비발전용 원자력시설 방사능방재 규제체계

일본의 방사능방재 규제체계는 원자력재해대책특별조치법(原子力災害対策特別措置法)을 기반으로 운영된다[17]. 해당 법령은 발전용 원자로뿐 아니라 핵연료 가공시설, 방사성폐기물 재처리 및 처분시설 등 다양한 비발전용 원자력시설에 적용된다. 일본의 원자력규제위원회(Nuclear Regulation Authority, NRA)는 원자력재해대책특별조치법 제6조의 2에 따라 제정된 원자력재해대책지침을 통해 원자력사업자가 방사선비상계획 수립 시 고려해야 할 요건을 규정하고 있다[18]. 본 연구에서는 이를 기반으로 일본

의 방사선비상 사고 분류 체계와 비상계획서 작성 요건에 대해 조사하였다.

2.2. 국내 방사능방재 규제체계 조사

국내 방사능방재 규제체계는 원자력시설 등의 방호 및 방사능방재 대책법(방사능방재법)을 기반으로 운영된다. 해당 법령은 원자력발전소뿐 아니라 연구용 원자로, 핵연료주기시설, 방사성폐기물 관리시설 등 전반적인 원자력시설에 적용된다[9]. 한국원자력안전기술원(Korea Institute for Nuclear Safety, KINS)는 방사능방재법과 해당 법령의 하위 시행령 등에 기반하여 비발전용 원자력시설에 대한 규제를 수행하고 있다. 본 연구에서는 이를 기반으로 국내 방사선비상 사고 분류 체계와 방사선비상계획 요건에 대해 조사하였다.

2.3. 국내 방사능방재 규제체계의 한계점 도출

본 단계에서는 앞서 조사한 국내외 방사능방재 규제체계를 비교·분석하였다. 이를 위해 비교 항목은 1) 방사선비상 단계 구분 기준, 2) 방사선비상 계획서 제출 면제 여부, 3) 방사선비상계획의 위험도 기반 차등접근 적용 여부로 설정하였다. 항목별 비교·분석 결과를 바탕으로 국내 비발전용 원자력시설 방사능방재 규제체계의 한계점을 도출하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구의 목적은 국내외 비발전용 원자력시설에 적용되는 방사능방재 규제체계를 비교·분석하는 것이다. 이를 위해 국외 사례 조사대상으로 미국, 영국, 캐나다를 선정하고 각국의 규제 법령과

Table 1. Emergency classification scheme for U.S. fuel cycle and materials facilities under NRC RG 3.67

Emergency Classification Levels	Emergency Action Level
Notification of Unusual Event	n/a
Alert	Fire onsite that might affect radioactive material or safety systems.
	Severe natural phenomenon that might affect radioactive material or safety systems (e.g., earthquake, flood, tsunami, hurricane, tidal surge, hurricane-force winds, tornado striking facility).
	Other severe incidents that might affect radioactive material or safety systems (e.g., aircraft crash into the facility, damage to the facility from explosives, uncontrolled release of toxic or flammable gas in the facility).
	Elevated radiation levels or airborne contamination levels within the facility that indicate severe loss of control (factor of 100 over normal levels).
	Ongoing security event that constitutes a threat/compromise to site security, threat/risk to site personnel, or potential degradation to the level of safety of the facility. This includes the threat of an imminent hostile action to the facility.
	Spent reactor fuel accident with release of radioactive material to containment or fuel handling building.
	Discovery of a critical-mass quantity of special nuclear material in an unsafe geometry container or other condition that creates a criticality hazard.
	Other conditions that warrant precautionary activation of the licensee's emergency response organization.
Site Area Emergency	Fire onsite that involves radioactive material or compromises safety systems.
	Severe natural phenomenon that actually compromises safety systems or the integrity of radioactive material (e.g., earthquake, flood, tsunami, hurricane-force winds, tornado striking facility).
	Other severe incidents that actually compromise safety systems or the integrity of radioactive material (e.g., aircraft crash into the facility, damage to the facility from explosives, uncontrolled release of toxic or flammable gas in the facility).
	Elevated radiation levels or airborne contamination levels outside the facility that indicate a significant release to the environment (factor of 100 over normal levels).
	Hostile action at the facility, or imminent/actual loss of physical control of the facility.
	Major damage to spent reactor fuel with release of radioactive material outside of containment or fuel-handling building.
	Imminent or actual occurrence of an uncontrolled criticality.
	Other conditions that warrant activation of offsite emergency response organizations or precautionary notification of the public near the site.
General Emergency	n/a

Table 2. Emergency-plan exemption criteria by facility type (NRC; 10 CFR Part 30, 40 and 70)

Facility type	Exemption criteria
Facilities licensed for Byproduct Material (10 CFR Part 30)	The maximum effective dose equivalent to an individual offsite shall not exceed 1 rem in the event of an accident.
	The maximum committed effective dose equivalent to an individual offsite shall not exceed 5 rem in the event of an accident.
Facilities licensed for Source Material (10 CFR Part 40)	The intake of soluble uranium shall not exceed 2 mg.
Facilities licensed for Special Nuclear Material (10 CFR Part 70)	The maximum effective dose equivalent to an individual offsite shall not exceed 1 rem in the event of an accident.
	The intake of soluble uranium shall not exceed 2 mg.

a) Over 700 radionuclide-specific reference values (Bq) have been established on the basis of modeling results from Public Health England (PHE).

Table 3. Emergency planning exemptions for UK nuclear facilities as set out in REPPIR 2019

Types of exemption criteria	Exemption criteria
The inventory of radionuclides within the facility	-[a)]
Pu-239 or Pu-241, or mixtures of plutonium isotopes containing these nuclides	150 g
Uranium consisting of U-233	150 g
Uranium enriched in U-235 to a level of 1% to 5%	500 g
Uranium enriched in U-235 to greater than 5%	250 g
The effective dose to the surrounding public in the event of an accident	1 mSv/yr

a) Over 700 radionuclide-specific reference values (Bq) have been established on the basis of modeling results from Public Health England (PHE).

문헌을 검토하여 방사선비상 사고 분류 체계와 방사선비상계획 요건을 조사하였다. 이어서 국내 방사능방재법 하위 규정을 기반으로 국내 규제체계를 분석하였다. 다음으로 1) 방사선비상 구분체계, 2) 비상계획서 제출 면제 여부, 3) 방사선비상계획 요건에 대해 비교·분석하였다. 이러한 비교 결과를 바탕으로 국내 방사능방재 규제체계의 한계점을 도출하였다.

3.1. 차등접근 기반 국외 방사능방재 규제체계 조사

3.1.1. 미국의 비발전용 원자력시설 방사능방재 규제체계

Table 1에 RG 3.67에서 제시하는 비발전용 원자력시설에 적용되는 방사선비상 구분체계에 대해 나타내었다. 미국은 비발전용 원자력시설에 1) Alert, 2) Site Area Emergency로 구성되는 2단계 구분체계를 적용하는 것으로 나타났다. 또한 방사선비상 단계별 대표적인 발령기준을 규제지침에 명시하여, 방사선비상 단계별로 해당되는 상황을 구체적으로 제시하고 있는 것으로 나타났다[6].

Table 2에 미국의 비발전용 원자력시설의 유형별로 적용되는 방사선비상계획서 면제 기준을 나타내었다. 방사선비상계획서 면제 기준은 크게 1) 사고 시 부지 외 일반인 선량당량, 2) 사고 시 부지 외 일반인 우라늄 섭취량으로 구분되는 것으로 나타났다. 사업자는 이러한 면제 기준 충족 여부를 입증하기 위해 1) 시설 내 방사성물질의 저장 및 포장 상태, 2) 공학적 안전기능 등 시설의 특성을 반영하여 평가를 수행할 수 있다. 평가 결과가 법적 기준치를 만족하는 경우, 해당 시설은 방사선비상계획서 제출 의무가 면제된다[10-11,13].

미국의 비발전용 원자력시설에 대한 방사선비상계획 요건은 시설 유형별로 차등 적용된다. 부산물물질 허가시설, 원료물질 허가시설, 특별핵물질 허가시설, 가스 확산 우라늄 농축시설에는 공통적으로 방사선비상 사고 분류 기준, 비상조직 편성, 방사선비상 통보 절차, 복구계획 등의 요건이 적용되는 것으로 나타났다. 반면, 고준위 방사성폐기물 관리시설의 경우에는 이에 더해 1) 외부 대응기관 지원 요청 및 증원 조직 활용 방안, 2) 대국민 정보 제공 체계가 추가적으로 요구되는 것으로 나타났다[10-15].

3.1.2. 영국의 비발전용 원자력시설 방사능방재 규제체계

영국은 비발전용 원자력시설에 적용되는 방사선비상 구분체계를 별도로 운영하지 않는 것으로 나타났다. 대신, 사고 발생 시 설비의 안전기능 손상 여부와 방사성물질의 환경 유출 가능성 등을 종합적으로 고려하여 방사선비상 사고 대응 수준을 결정하는 것으로 나타났다[7].

Table 3에 영국의 비발전용 원자력시설에 적용되는 방사선비상계획서 면제 기준을 나타내었다. 방사선비상계획서 면제 기준은 크게 1) 시설 내 방사성핵종의 보유량, 2) 핵분열성 물질의 질량, 3) 사고 발생 시 주변 일반인 유효선량으로 구분되는 것으로 나타났다. 시설 내 여러 종류의 방사성핵종이 존재하는 경우에는 핵종

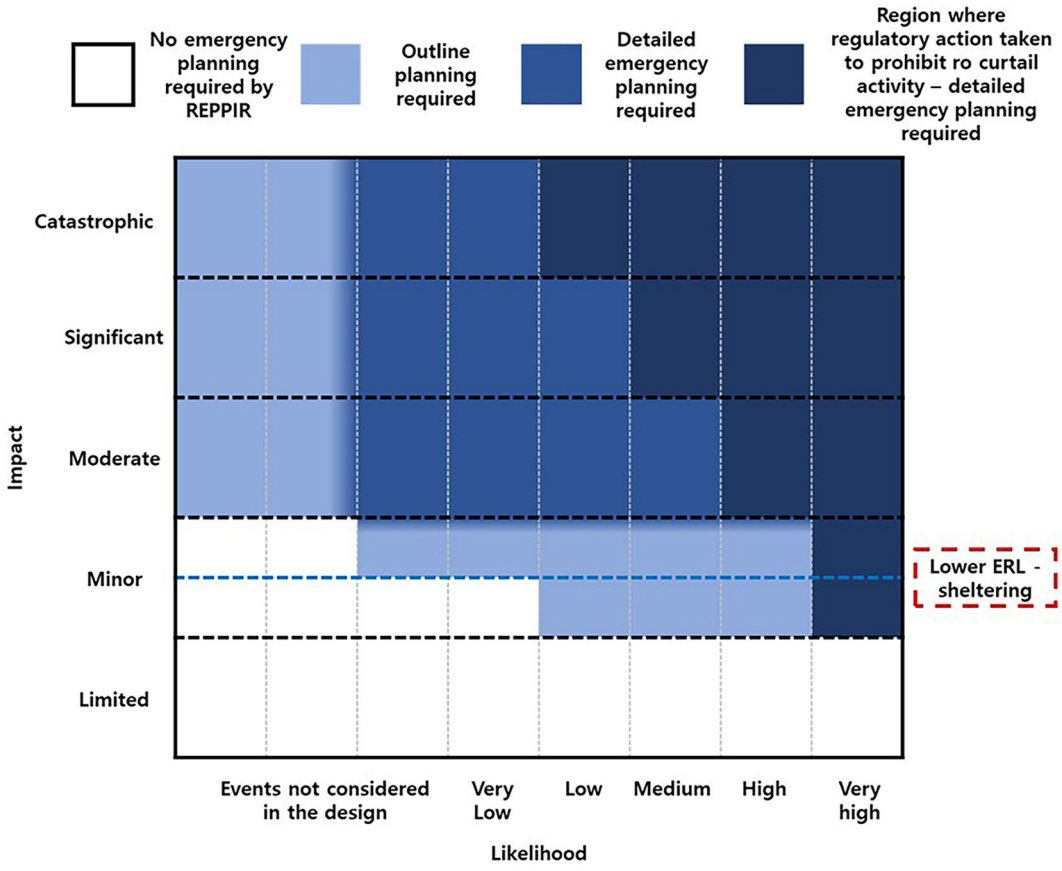

Fig. 1. Risk-informed emergency planning decision framework as set out in REPPIR 2019

별 보유량을 기준값으로 나눈 비율의 합을 산출하여야 한다. 이때 1) 비분산성 방사성물질, 2) 비방사능 농도가 100 Bq/g 이하인 물질, 3) 특수형 방사성물질은 비율합 계산에서 제외된다. 비율합이 1 미만으로 평가되면 방사선비상계획서 제출 의무는 면제된다. 다만, 비율합이 1을 초과하더라도 사고 발생 시 일반인의 연간 유효선량이 1 mSv 미만임을 입증할 경우 제출 의무는 동일하게 면제된다. 이때 주변 일반인 유효선량 평가는 실제 시설의 특성을 반영하여, 방사성물질의 방출 고도와 인근 지역의 인구 분포 등을 고려하여 수행할 수 있다[7].

REPPIR 2019에서는 사고 영향 범주와 발생확률 구분 기준을 제시하고 있으며, 영국은 이 두 지표를 결합한 위험도 평가를 통해 방사선비상계획의 요구 수준을 결정하는 것으로 나타났다. Fig. 1은 이러한 위험도 평가 결과를 방사선비상계획 요건 결정 체계에 적용하여, 1) 방사선비상계획 면제, 2) 개략적 방사선비상계획 수립, 3) 상세 방사선비상계획 수립, 4) 시설 운영 금지 중 하나를 선택하도록 규정하는 절차를 제시한다. 또한 개략적 계획과 상세 계획의 요구사항을 비교한 결과, 개략적 방사선비상계획은 위험도 평가 결과를 근거로 Outline Planning Zone (OPZ)을 설정하고, OPZ를 대상으로 1) 적용 가능한 일반적 보호조치의 개요, 2) 대중에 대한 사전 정보 제공 항목, 3) 경보·통보의 기본 원칙을 문서화하도록 요구하는 것으로 나타났다. 반면, 상세 방사선비상계획은 Detailed Emergency Planning Zone(DEPZ)을 대상으로 1) 구체적 보호조치의 시행 기준과 절차(예: 대피, 옥내대피, 요오드화 칼륨 배포), 2) 방사선비상 대응 조직 동원 계획, 3) 일반인 대상 정보전달 체계, 4) 취약집단 식별 및 관리, 5) 교통·접근 통제 등 현장 운영 절차, 6) 훈련·연습 및 정기적 검토를 요구하는 것으로 나타났다[7].

3.1.3. 캐나다의 비발전용 원자력시설 방사능방재 규제체계

캐나다는 Class I 비발전용 원자력시설에 1) Reportable Event, 2) Abnormal Incident, 3) Site Area Emergency, 4) General Emergency의 4단계 방사선비상 구분체계를 적용하는 것으로 나타났다. 또한, 사고의 심각도와 방사성물질 배출 여부를 기준으로 방사선비상 단계를 구분하는 것으로 나타났다. 그러나 방사선비상 단계별 대표적인 발령기준을 규제법령에 구체적으로 명시하지는 않는 것으로 나타났다[16].

캐나다는 모든 Class I 비발전용 원자력시설에 방사선비상계획 수립을 의무화하고 있으며, 별도의 면제 기준은 제시하지 않는 것으로 나타났다. 다만 차등접근 원칙에 기반하여 방사선비상계획 요건을 설정해야 함을 명시하고 있어, 동일한 요건이라 하더라도

Table 4. Radiological emergency planning requirements as set out in Japan's Nuclear Emergency Response Guidelines

Category	Requirements
Emergency classification & EALs	Classify as Alert / Site Area Emergency / General Emergency using pre-established EALs tied to facility conditions; embed notification and protective-action triggers.
PAZ/UPZ delineation	Define PAZ/UPZ commensurate with facility characteristics (power, radionuclide inventory/form, etc.); some low-hazard types may not require zone designation.
Protective action criteria	Implement and lift evacuation, sheltering, temporary relocation, KI, and food controls using OILs and related indices.
Emergency monitoring	Maintain a pre-planned emergency-monitoring program; in emergencies, issue an Implementation Plan, mobilize resources, and use results to support OIL-based decisions.
Notification & public information	On Alert/Site Area Emergency, the licensee immediately notifies national/local authorities; authorities initiate public information. On General Emergency, evacuate PAZ and, as appropriate, apply actions in parts of UPZ.
Training & exercises	Provide role-specific education and periodic exercises; verify plan effectiveness and inter-organizational coordination (incl. compound disasters/prolonged releases).
Equipment & resources	Pre-position PPE, transport, and communications; the licensee provides/loans equipment as needed to ensure effective response.
Public pre-incident information	Even without PAZ/UPZ, deliver facility-specific advance information to residents (radiation basics, monitoring, evacuation/medical points, decontamination, KI guidance).
Off-site center	Establish and maintain an off-site center as the on-scene coordination hub.
Continuous improvement	Periodically revise plans per new knowledge and exercise results; re-evaluate EALs and operating criteria to reflect facility-specific characteristics.

시설의 특성과 위험도에 따라 적용 범위와 강도를 조정할 수 있는 것으로 나타났다[16].

3.1.4. 일본의 비발전용 원자력시설 방사능방재 규제체계

일본은 원자력시설에 1) 경계사태, 2) 시설 부지 긴급사태, 3) 전면 긴급사태의 3단계 방사선비상 구분체계를 적용하는 것으로 나타났다. 각 단계는 사고 발생 시 일반인에게 미칠 방사선학적 영향을 기준으로 방사선비상 단계를 구분하는 것으로 나타났다. 또한 통보기준과 원자력긴급사태 발령기준을 법적으로 제시하여, 방사선비상 발령을 위한 대표적인 발령기준을 제시하는 것으로 나타났다[17].

Table 4에 일본의 방사선비상계획 수립 요건을 나타내었다. 일본은 모든 원자력사업자로 분류된 모든 원자력시설에 방사선비상계획 수립을 의무화하고 있으며, 별도의 면제 기준은 제시하지 않는 것으로 나타났다. 다만 방사선비상계획 수립 시 시설의 위험도와 특성을 고려하여, 각 규제 요건의 적용 범위와 강도를 조정할 수 있는 것으로 나타났다[18].

3.2. 국내 방사능방재 규제체계 조사

국내 비발전용 원자력이용시설에는 1) 백색비상, 2) 청색비상, 3) 적색비상으로 구성된 3단계 방사선비상 구분체계가 적용되는 것으로 나타났다. 또한, 사고 발생 시 방사선학적 영향의 범위를 기준으로 방사선비상 단계를 구분하는 것으로 나타났다. 그러나 방사선비상 단계별 정의만을 제시하고 있으며, 방사선비상 단계별 구체적인 발령기준은 제시하지 않는 것으로 나타났다[9].

Table 5에 방사능방재법에서 규정한 소규모 원자력사업자 구분기준을 나타내었다. 국내 규제체계는 원자력시설 내 핵종의 수량과 우라늄의 농축도를 기준으로 원자력사업자와 소규모 원자력사업자를 구분하는 것으로 나타났다. 원자력사업자와 소규모 원자력사업자 모두 방사선비상계획 수립이 의무화되어 있으나, 소규모 원자력사업자의 경우 방사성물질 방출 감시시설, 비상대응시설 설치 등 일부 요건은 면제되는 것으로 나타났다[9].

3.3. 국내 방사능방재 규제체계의 한계점 도출

Table 6에 국내외 방사능방재 규제체계 비교 결과를 나타내었다. 국외 사례 조사 결과, 미국과 영국은 시설의 위험도와 특성을 반영하여 방사선비상계획 수립 의무를 차등화하거나 면제 기준을 명확히 제시하고 있으며, 캐나다와 일본 역시 차등접근 원칙에 기반하여 규제 요건의 적용 범위와 강도를 조정할 수 있도록 규정하고 있다. 반면, 국내 방사능방재법은 모든 원자력시설에 방사선비상계획 수립을 의무화하고 있으며, 시설의 위험도에 따른 방사선비상계획서 제출 면제 절차와 기준을 제시하지 않고 있는 것으로 나타났다. 이로 인해 상대적으로 위험도가 낮은 시설에도 동일한 수준의 규제가 적용되어 규제의 효율성이 저하될 가능성이 있다.

또한, 국외 규제체계는 방사선비상계획 수립 여부를 결정하기 위해 시설의 위험도 평가 절차를 제도적으로 마련하고 있는 반면,

Table 5. Classification criteria for small-scale nuclear licensee under the Republic of Korea's Act on Physical Protection and Radiological Emergency

Type of nuclear facility	Classification criteria for small-scale nuclear operators
Research and training reactors and related facilities	Entities licensed to construct or operate research and training reactors with a thermal power of 2 MW or less
Nuclear fuel material refining or fabrication facilities	Entities licensed to conduct natural uranium refining business Entities licensed to conduct nuclear fuel material fabrication business with uranium enriched to less than 5% U-235
Spent nuclear fuel processing facilities	Entities designated to conduct spent nuclear fuel processing for research or testing purposes
Nuclear fuel material utilization facilities	Entities licensed to use or possess nuclear fuel material enriched to 5% or more U-235, with a total mass of 700 g or less Entities licensed to use or possess nuclear fuel material enriched to 5% or less U-235, with a total mass of 1,200 g or less
Radioactive waste storage, treatment, and disposal facilities	Entities licensed to construct or operate radioactive waste storage, treatment, and disposal facilities and their ancillary facilities, excluding spent nuclear fuel storage and treatment facilities
Radioisotope production, sales, and utilization facilities	Entities licensed for radioisotope production and utilization using nuclear material, limited to those producing or utilizing radioisotopes with a radioactivity of less than 185 petabecquerels (PBq)

Table 6. Results of the comparative review of Korean and international radiological emergency preparedness regulations

Nation	Radiological emergency classification criteria	Emergency-plan submission exemptions	Graded-approach regulatory requirements
Korea	White Emergency Blue Emergency Red Emergency	n/a	n/a
U.S.A	Alert Site Area Emergency	Risk-informed exemption	Risk-informed, graded adjustment of requirements
UK	n/a	Risk-informed exemption	Risk-informed, graded adjustment of requirements
Canada	Reportable Event Abnormal Incident Site Area Emergency General Emergency	n/a	Risk-informed, graded adjustment of requirements
Japan	Alert Site Area Emergency General Emergency	n/a	Risk-informed, graded adjustment of requirements

국내 규제체계에는 사업자가 원자력시설의 고유 위험도를 정량적으로 평가하여, 차등규제를 적용받을 수 있는 체계가 부재한 것으로 나타났다. 이로 인해 규제 강도의 합리적 차등화가 어려운 구조적 한계를 내포하고 있다.

방사선비상 단계별 구분체계를 규제체계에서 제시하는 국외 규제체계에서는 사업자가 제출한 방사선비상 단계별 발령기준을 정량적으로 심사할 수 있는 규제 기준이 존재한다. 국내 방사능방재법은 백색, 청색, 적색비상으로 구분되는 방사선비상 단계별 구분체계를 규정하고 있다. 그러나 사업자가 수립한 방사선비상 단계별 발령기준을 규제 기관이 심사할 수 있는 구체적인 기준이, 부족한 것으로 나타났다. 이로 인해 원자력사업자가 방사선비상계획서를 작성하는 과정에서 방사선비상 단계별 발령 기준을 명확히 설정하기 어렵다는 한계가 존재한다.

4. 결 론

본 연구에서는 국내외 비발전용 원자력시설에 적용되는 방사능방재 규제체계를 비교·분석하여 국내 제도의 한계점을 도출하였다. 이를 위해 차등접근 기반 규제체계를 운영하는 미국, 영국, 캐나다, 일본의 규제 체계를 조사하였다. 그리고 이를 국내 비발전용 원자력시설에 적용되는 규제체계와 비교 분석하였다. 마지막으로 국내외 규제체계 비교 결과를 기반으로 국내 규제체계의 한계점을 도출하였다.

분석 결과, 미국은 비발전용 원자력시설의 유형별로 적용되는 법령과 RG 3.67을 통해 2단계 비상분류체계를 적용하고, 시설 유형에 따라 방사선비상계획 요건을 달리하며, 일정 조건에서는 비상계획서 제출을 면제하는 것으로 나타났다. 영국은 REPPIR

2019에 따라 위험도 평가를 기반으로 방사선비상계획 수준을 차등 적용하고, 면제 기준을 구체적으로 규정하는 것으로 나타났다. 캐나다는 REGDOC-2.10.1을 통해 모든 Class I 시설에 4단계 방사선비상분류체계와 비상계획 수립 의무를 적용하되, 시설의 특성과 위험도를 반영하여 방사선비상계획 요건을 조정할 수 있도록 규정하고 있는 것으로 나타났다. 반면, 국내 규제체계는 3단계 방사선비상분류체계를 운영하나 구체적 발령 기준과 방사선비상계획 면제 기준이 부재하여 규제의 합리적 차등화가 이루어지지 못하고 있었다. 따라서 국내 규제체계는 1) 시설 위험도를 고려한 방사선비상계획 면제 기준의 부재, 2) 시설별 위험도 평가 방법론의 부재, 3) 방사선비상 단계별 발령기준의 구체적인 심사 기준 부재라는 한계점을 지니는 것으로 나타났다.

본 연구의 결과는 국내 방사능방재 규제체계가 시설의 위험도를 충분히 반영하지 못하여 규제의 최적화가 미흡하다는 점을 보여준다. 또한, 위험도 기반 차등접근의 관점에서 국내 규제체계의 한계점을 도출하였다는 점에서 의의가 있다. 아울러, 본 연구는 향후 비발전용 원자력시설에 대한 차등적 방사능방재 규제체계 수립을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

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

참고문헌

1. 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.
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). 2015. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. IAEA Safety standards series No. GSR Part 7. IAEA, Vienna.
4. Nuclear Safety and Security Commission (NSSC). 2020. The Second National Radioactive Disaster Prevention Plan. NSSC, Seoul, Korea.
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. 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.
8. Nuclear Regulation Authority (NRA). 2025. The Third Medium-Term Goals of the Nuclear Regulation Authority. NRA, Tokyo, Japan.
9. Republic of Korea. 2015. *Act on Measures for the Protection of Nuclear Facilities, Radiation and Disaster Prevention (Nuclear Emergency Preparedness Act).* Act No. 13248, partially amended on March 27, 2015. National Law Information Center, Seoul, Korea.
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. 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.
15. 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.
16. Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC). 2014. Emergency Management and Fire Protection (REGDOC-2.10.1). Canadian Nuclear Safety Commission, Ottawa, Canada.
17. Government of Japan. 1999. Act on Special Measures Concerning Nuclear Emergency Preparedness (Law No. 156 of 1999, as amended on June 16, 2023). e-Gov Law Search, Tokyo, Japan.
18. Nuclear Regulation Authority (NRA). 2023. Nuclear Emergency Response Guidelines. NRA, Tokyo, Japan.