

## 원자로시설의 설계 및 운영에 관한 IAEA 요건과 국내 기술기준의 비교 분석

### Comparison between IAEA Requirements and Korean Technical Standards on Design and Operation of Reactor Facilities

안형준, 오병주, 유선오, 안상규, 강석철, 김효정  
한국원자력안전기술원  
대전광역시 유성구 구성동 19번지

이경우  
과학기술부  
경기도 과천시 중앙동 정부과천청사

#### 요 약

원자로시설의 설계 및 운영에 관한 IAEA 요건이 2000년 개정되었으며 이와 별도로 국내 원자로규칙(부령)은 2001년 개정되었다. IAEA 요건의 개정 전후의 내용을 분석하였으며 개정 요건과 개정 원자로규칙에서 규정하는 기술기준을 비교 검토하고 차이점을 분석하였다. IAEA 요건의 개정 후 주요 추가요건은 화재안전과 주기적안전성평가이며, 원자로규칙의 기술기준에 미반영된 항목은 설비환경검증, 노화, 중대사고 등이다. 이에 대한 내용을 항목별로 분석하였다.

#### Abstract

IAEA requirements on design and operation was revised in 2000. Korean Technical standards of reactor facilities(Ministerial Ordinance) were amended in 2001. Comparison between old and new requirements of IAEA on design and operation were made. New IAEA requirements and amended technical standards of reactor facilities were compared and analyzed. Newly added item to IAEA requirements are fire safety and periodic safety review. The items which are not reflected in the technical standards are equipment qualification, ageing, severe accidents and so on. These items were analyzed in some detail, respectively.

#### 1. 서 론

IAEA의 주요한 기능 중의 하나는 평화적인 목적으로 원자력 에너지를 개발하고 이용하는데 있어서 인간의 건강, 생명 및 재산을 보호하기 위한 안전기준을 수립하고 이들 기준을 회원국 스스로 적용하여 운영할 수 있도록 지원하며 회원국들이 요청하는 경우 쌍방 및 다자간의 협정에 따라 운영할 수 있도록 제공하는 것이다. IAEA의 안전기준들은 법적인 구속력을 가지는 것은 아니지만 회원국의 선택에 따라 자국의 법령 및 기준으로 사용할 수도 있다.

IAEA는 안전기준(Safety Standards)의 체계적인 개발을 위하여 안전기준위원회(Commission on Safety Standards: CSS)와 그 산하에 원자력안전기준위원회(Nuclear Safety Standards Committee: NUSSC) 등 4개의 전문기준분과위원회를 설치하여 IAEA 안전기준개발체제를 갖추었다. 이들 안전기준위원회와 전문분과위원회는 종합적인 안전기준체계를 재구성하고, 기존에 개발되었던 안전기준을 토대로 요건 및 안전지침의 통합 또는 보완과 신규요건의 개발을 추진 중에 있다.

과거의 IAEA 원자력 기술요건체계와 크게 차이나는 점으로는 과거에는 원자력시설, 방사선방호, 방사성폐기물등 분야별로 개별적인 안전목표 및 원칙을 설정하고 있었으나, 새로운 체계에서는 모든 원자력시설 및 사업에 공통적인 통합 안전목표와 원칙을 수립하였다. 또한 공통적으로 적용되는 비상대응, 법규 및 정부 조직체계, 품질보증을 일반안전으로 분류하고, 그외에 원자력안전, 방사선안전, 방사성폐기물안전, 운반안전으로 분류하고 각각에 대하여 요건과 안전지침으로 체계를 구성하고 있다. 원자력안전분야에는 원전의 설계, 운영, 부지평가와 연구로안전 및 핵주기시설 안전으로 구성되어 있으며, 설계 및 운영에 관한 요건은 각각 50-SG-D 및 50-SG-O에서 NS-R-1 및 NS-R-2로 2000년도에 개정되었다. 안전요건은 필수요건으로서 국내 기술기준체계와 비교해 볼 때 원자로시설등의기술기준에관한규칙(이하 “원자로규칙”이라 한다)의 기술기준 또는 고시수준으로 볼 수 있다[1].

국내의 원자로규칙은 그간의 차세대원자로 규제요건개발의 결과 등을 반영하고 운영관련 시행령 요건의 부령 이관등 2001년에 대폭적으로 개정되었다[2]. 그러나 이 개정에서는 미국의 일반설계기준등 각국의 요건을 검토 및 반영하였으나 설계 및 운영에 관한 IAEA 요건은 개정 이전의 안전기준이 참조가 되었다.

따라서 본 연구에서는 개정 전후의 변동된 IAEA 요건의 내용을 비교하고 개정후의 요건과 원자로규칙에서 규정하는 기술기준을 비교 검토하고 차이점을 분석하고자 한다. IAEA 요건의 개정 후 주요 추가사항으로서 화재안전과 주기적안전성평가, 원자로규칙의 기술기준에 미반영된 항목으로서 설비환경검증, 노화, 중대사고 등에 대하여 항목별로 분석하고자 한다.

## 2. IAEA 안전기준의 개정내용

### 가. 새로운 IAEA 안전기준체계

종합적인 IAEA 안전기준체계는 표 1과 같이 모든 원자력시설 및 사업에 공통적으로 적용되는 일반안전과 원자력안전, 방사선안전, 방사성폐기물 안전, 운반안전의 5개 분야로 구성되어 있다[3].

일반안전 분야는 원자력, 방사선, 방사성폐기물 및 운반 안전의 목표 및 원칙을 규정하는 기본안전문서와 비상 대비 및 대응, 법규 및 정부 조직체계, 품질보증으로 구분되어 있다. 기본안전문서는 중전에 원자력발전소를 중심으로 하는 안전목표 및 원칙을 지양하고, 방사선, 방사성폐기물 및 운반 안전을 포함한 원자력 및 방사선 분야를 모두 포괄하는 광범위한 종합적인 안전목표 및 원칙을 제시하고 있다. 비상 대비 및 대응분야에서는 원자력 및 방사선 비상에 대한 대비 및 대응요건과 관련 안전지침으로 구성되어 있다. 법규 및 정부 조직체계 또한 중전 원자력발전소 중심의 법규 및 정부 조직체계에서 탈피하여 모든 원자력 및 방사선 분야에 적용 가능한 요건으로 개정되고 있다. 품질보증 분야는 기존의 원자력발전소 및 기타 원자력시설을 대상으로 하는 품질보증요건과 14개의 지침이 있으며, 규제기관 방사선안전, 방사선안전 기술지원 및 사용자 방사선안전 분야의 품질관리체계에 관한 지침이 개발되고 있다.

원자력안전분야의 안전기준은 원전의 설계, 운영, 부지평가와 연구로, 핵주기시설의 5개 분야로 분류되어 있으며 각각에 대한 요건 및 지침으로 구성되어 있다. 여기서는 원전의 설계 및 운영에 관한 요건을 중심으로 기술한다.

표 1. IAEA 안전기준 체계 및 개정현황

대분류	중분류	개정완료	개정중	기준건수
일반안전	1. 기본안전문서	0	1	1
	2. 비상 대비 및 대응	0	3	3
	3. 법적 및 정부조직 기반	5	2	7
	4. 품질보증	1	3	4
원자력 안전	1. 원전 설계	5	11	16
	2. 원전 운영	8	5	13
	3. 원전 부지평가	0	7	7
	4. 연구로 안전	2	4	6
	5. 핵주기시설 안전	0	3	3
방사선 안전	(세부 구분없음)	5	4	9
방사성폐기물 안전	1. 일반 (General)	3	0	3
	2. 기반 (Infrastructure)	1	0	1
	3. 배출 (Discharges)	1	1	2
	4. 사전폐기 (Pre-disposal)	4	5	9
	5. 폐기 (Disposal)	4	2	6
	6. 재거주성 (Rehabilitation)	0	2	2
운반 안전	(세부 구분없음)	1	2	3
합 계		40	55	95

## 나. 설계 및 운영에 관한 요건의 주요 개정내용

### 1) 설계요건

원전의 설계에 관한 요건 및 안전지침은 표 2에서 보는 바와 같이 설계요건(NS-R-1)과 안전에 중요한 전산기반계통의 소프트웨어(NS-G-1.1) 등의 지침으로 구성되어 있다.

기존의 설계요건(50-C-D)에 비해서 개정 설계요건(NS-R-1)의 구성체계는 표 3에서 보는 바와 같이 기존의 12개의 장에서 6개의 장으로 대폭 축소되어 보다 포괄적으로 구성되었다. 50-C-D에서는 제3장 일반설계기준 항목으로 구성되어 있던 요건의 대부분이 개정 요건에서는 제5장 원전 설계요건의 항목으로 재구성되었으며, 이들 중 안전기능 등 일부 항목과 제12장 설계확인 구성항목 그리고 안전원칙에 해당하는 항목의 요건들이 제3장 안전관리요건, 제4장 기본기술요건으로 분류하여 재구성되었다.

또한, 기존 설계기준에서는 원전 주요 계통별 요건을 개별적인 장으로 구분하던 것을 개정 요건에서는 제6장 원전계통 설계요건 하나로 묶고 계통별로 요건을 세분하여 규정하고 있는데 기존의 장별로 구분된 계통별 요건항목 구성체계와 거의 일치하고 있다. 다만 정보 및 제어계통 항목이 계측 및 제어와 비상제어센터로, 방사선방호 항목이 방사선방호와 폐기물처리 및 관리계통으로 분리되었다[4,5,6].

이와 같이 50-C-D에서 NS-R-1로 개정되면서 항목별로 재구성되었으며 아울러 내용상으로 추가 보완된 주요사항은 다음과 같다.

#### • 발전소상태 구분

발전소상태는 기존에 운전상태(정상운전, 예상운전과도)와 사고(설계기준사고, 중대사고)로 구분되어 있었으나 개정후에는 설계기준을 초과하나 중대한 노심손상에는 이르지 않은 사고(설계기준 초과사고)의 개념이 추가되었다.

- 심층방어

기존의 50-C-D에서는 심층방어를 개념위주로 규정하고 있었으나 NS-R-1에서는 심층방어의 개념과 요건을 분리하여 각각에 대하여 좀 더 체계적으로 규정하고 있다. 심층방어개념에 대하여는 개정전에는 4개 단계로 구성하였으나 개정후에는 5단계로 구분하고 있다. 즉 비정상운전 및 고장의 예방, 비정상운전 제어 및 고장감지, 설계기준 이내로의 사고제어, 심각한 발전소 조건의 제어, 방사성물질 유출영향 완화가 그것들이다. 이는 원자력안전의 심층방어에 대한 IAEA 문서를 반영한 것이기도 하다[7].

한편 심층방어의 요건으로는 설계과정에서 심층방어개념이 만족되도록 좀더 세부적인 요건을 규정하고 있으며 물리적 방벽의 건전성에 대한 위협, 방벽의 손상, 다른 방벽의 고장 결과로 인한 하나의 방벽의 손상 등이 방지되도록 규정하고 있다.

- 노화

안전에 중요한 모든 구조물, 계통 및 기기의 설계에는 열화 및 성능저하와 관련된 잠재적인 노화를 고려하여 적절한 여유도가 반드시 확보되어야 하며, 이는 전 설계수명기간동안 필요한 안전기능을 수행할 구조물, 계통 및 기기의 능력을 보장하기 위함이다. 모든 정상가동조건, 시험, 보수유지, 보수운전정지, 가상기인사건(Postulated Initiating Events: PIE)에서의 발전소상태, 그리고 PIE이후의 발전소상태 등에서의 노화영향이 반드시 고려되어야 한다. 감시, 시험, 시료채취, 검사, 노화기구의 예측을 설계단계에서 평가하는 것, 가동중에 발생할 수 있는 예기치 못한 거동이나 성능저하를 확인하는 것 등을 위한 조치가 반드시 마련되도록 규정하고 있다.

## 2) 운영요건

원전의 운영에 관한 요건 및 안전지침은 표 2에서 보는 바와 같이 운영요건(NS-R-2)과 원전운전중 화재(NS-G-2.1) 등의 지침으로 구성되어 있다.

표 4에서 보는 바와 같이 기존의 운영요건(50-C-O)에서는 주요 요건을 열거하여 총 17개의 장으로 구성되어 있었으나 개정 운영요건(NS-R-2)에서는 11개의 장으로 대폭 축소되었다. 그 내용을 살펴보면 개정 운영요건에서는 제2장 운영조직 항목에 일반요건, 규제기관과의 관계, 품질보증, 운영경험의 반영, 물리적 방호, 화재안전, 비상대책 등을 세부항목으로 포함하고, 제5장 원전운전의 항목에는 운전제한조건, 운영절차서 및 지침서, 노심관리 및 핵연료 취급 등을 세부항목으로 포함하고 있음을 알 수 있다. 신규 기본항목으로 주기적안전성평가(Periodic Safety Review: PSR)와 세부항목으로 화재안전을 신설한 것을 제외하고는 기존 운영요건의 기본적인 항목들을 세부항목으로 하고 있다[8,9].

이와 같이 50-C-O에서 NS-R-2로 개정되면서 크게 추가된 내용은 다음과 같다.

- 화재안전

운영조직은 화재안전을 보장하기 위하여 화재안전분석을 주기적으로 수행할 것을 규정하고 있으며 여기에는 심층방어원칙의 적용, 소방에 관한 발전소 설계변경의 영향평가, 연소 및 인화 관리, 화재방어 수단의 검사, 유지 및 시험, 종사자에 의한 소화 능력의 확립, 발전소 종사자의 훈련 등을 포함하도록 규정하고 있다.

- 주기적안전성평가

운전경험 및 관련된 모든 새로운 안전정보를 고려하여 규제요건에 따라 발전소의 체계적인 안전성 재평가(주기적안전성평가)가 그 운전수명기간을 통해 운전조직에 의해서 수행되어야 한다. 안전성 평가에 대한 전략과 평가요소들은 규제기관의 허가를 받거나 합의되어야 한다. 또한 기존

의 안전성분석보고서의 유효성을 PSR방법으로 결정하고, PSR은 발전소의 실제상태, 운전경험, 예견된 수명말기 상태, 최신분석방법, 적용될 안전기준 및 지식의 상태를 감안해야 함을 기술하고 있다. PSR의 범위는 부지내 및 부지의 비상계획, 사고관리 및 방사선방호 관점을 포함한 운전중인 발전소의 모든 안전 관점을 포함하고, 결정론적 분석을 보완하기 위해서 확률론적 안전성분석(PSA)이 사용되어야 함을 규정하고 있다. 그리고 운전조직은 PSA 결과에 기초하여 합리적으로 변경을 실시해야 함을 규정하고 있다.

표 2. IAEA 원자력안전 분야 안전기준 체계

구분 분야	안 전 기 준 명	비고
설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>원전의 안전 : 설계 (NS-R-1, 2000)</li> </ul>	요건
	<ul style="list-style-type: none"> <li>안전에 중요한 전산기반계통의 소프트웨어 (NS-G-1.1, 2000)</li> <li>원전 안전성평가 및 검증 (NS-G-1.2, 2001)</li> <li>원전의 안전에 중요한 계측 및 제어 계통 (NS-G-1.3, 2001)</li> <li>원전의 핵연료취급 및 저장 계통 (DS 276)</li> <li>원자로냉각재 및 관련 계통 (DS 282)</li> <li>원전의 원자로노심 설계 (DS 283)</li> <li>원전의 원자로격납계통 설계 (DS 296)</li> <li>원전의 비상전력계통 (DS 303)</li> <li>원전의 내진설계 및 기기검증 (DS 304)</li> <li>원전의 방사선방호 설계관점 (DS 313)</li> <li>내부 재해에 대비한 방호(화재 및 폭발 제외) (DS 299)</li> <li>원전 설계에 관련되는 외부사건(지진 제외) (DS 301)</li> <li>원전의 화재 및 화재에 기인된 폭발에 대한 방호 (DS 306)</li> <li>사용후핵연료 저장설비의 안전성평가 (개정계획없음)</li> <li>사용후핵연료 저장설비의 설계 (개정계획없음)</li> </ul>	안전지침
운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>원전의 안전 : 운영 (NS-R-2, 2000)</li> </ul>	요건
	<ul style="list-style-type: none"> <li>원전의 운영중 화재안전 (NS-G-2.1, 2000)</li> <li>원전의 운전제한조건 및 운전절차서 (NS-G-2.2, 2000)</li> <li>원전의 개조 (NS-G-2.3, 2001)</li> <li>원전운영조직 (NS-G-2.4, 2001)</li> <li>원전의 노심관리 및 연료취급 (NS-G-2.5, 2001)</li> <li>원전의 정비, 감시 및 가동중검사 (DS 273)</li> <li>원전의 운영중 방사선방호 및 방사성폐기물관리 (DS 187)</li> <li>원전 종사자의 채용, 자격부여 및 훈련 (DS 287)</li> <li>원전의 시운전 (DS 291)</li> <li>원전의 주기적안전성평가 (DS 307)</li> <li>원전의 사건경험 반영을 위한 국가 체계 (DS 288)</li> <li>사용후핵연료 저장시설의 운전 (개정계획없음)</li> </ul>	안전지침
부지평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>원전 안전 : 부지평가 (DS 305)</li> </ul>	요건
	<ul style="list-style-type: none"> <li>원전 부지평가에서 외부 인적 사건 (NS-G-3.1, 2001)</li> <li>원전 부지평가지 공기, 수중 및 인구분포를 고려한 방사성물질 확산 (NS-G-3.2, 2001)</li> <li>원전 부지평가에서의 기상학적 사건 (DS 184)</li> <li>해안 및 강변에 위치한 원전에 대한 홍수재해 (DS 280)</li> <li>원전의 부지평가 및 지반의 지질공학적 측면 (DS 300)</li> <li>원전의 지진재해평가 (DS 302)</li> </ul>	안전지침
연구로안전	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구로 안전요건 (DS 272)</li> </ul>	요건
	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구로 시운전(DS 259),</li> <li>연구로 보수, 시험 및 검사(DS 260),</li> <li>연구로 운전제한조건(DS 261)</li> </ul>	안전지침
핵주기시설 안전	<ul style="list-style-type: none"> <li>비원자력시설의 설계 및 운전 (DS 316)</li> </ul>	요건
	<ul style="list-style-type: none"> <li>우라늄연료 제작설비의 안전 (DS 317)</li> <li>MOX연료 제작설비의 안전 (DS 318)</li> </ul>	안전지침

표 3. 50-C-D와 대비한 NS-R-1의 주요내용

NS-R-1		50-C-D
제1장 서론	배경, 제정목적, 적용범위, 구성	제1장 서론
제2장 안전목표 및 개념	안전목표, 심층방어 개념	제2장 안전철학
제3장 안전관리 요건	관리책임, 설계관리, 입증된 공학관행, 운전경험 및 안전연구, 안전성평가, 안전성평가의 독립적 검증, 품질보증	제12장 설계확인 (일부)
제4장 기본 기술요건	심층방어요건, 안전기능, 사고예방 및 원전안전특성, 방사선방호 및 허용기준	-
제5장 원전 설계요건	안전등급, 일반설계기준, 구조물·계통·기기 신뢰성 설계, 가동중시험·정비·수리·검사·감시 요건, 설비환경검증, 노화, 인적요소, 안전성분석	제3장 일반설계기준
제6장 원전 계통설계 요건	원자로 노심 및 관련 설비특성	제4장 원자로 노심
	원자로냉각재 계통	제5장 원자로냉각재계통
	격납계통	제9장 격납계통
	계측 및 제어	제6장 정보 및 제어계통
	비상제어센터	"
	비상전력공급	제8장 비상전력공급
	폐기물처리 및 관리 계통	제10장 방사선방호
	연료취급 및 저장 계통	제11장 연료취급 및 저장계통
방사선 방호	제10장 방사선방호	

표 4. 50-C-O와 대비한 NS-R-2의 주요내용

NS-R-2		50-C-O
제1장 서론	배경, 목적, 범위, 구성	제1장 서론
제2장 운영조직	일반요건	제5장 운영조직의 구조
	규제기관과의 관계	제2장 운영조직과 규제기관에 의한 감시
	품질보증	제14장 품질보증계획
	운전경험의 반영	제16장 운전검토 및 경험의 반영
	물리적방호	제15장 보안
	화재안전	-
비상대책	제13장 비상대책	
제3장 종사자의 자격부여 및 훈련		제6장 운전관리층 및 운전원
제4장 원전 시운전 계획		제4장 시운전
제5장 원전운전	운전제한조건	제3장 운전제한조건
	운영절차서 및 지침서	제7장 운영절차서 및 지침서
	노심관리 및 핵연료취급	제9장 노심관리 및 핵연료취급
제6장 안전성에 중요한 구조물, 계통 및 기기의 보수, 시험, 감시 및 검사		제8장 보수, 시험, 감시 및 검사
제7장 발전소 변경		제10장 설비, 운전제한조건 절차서 등의 변경
제8장 방사선방호 및 방사성폐기물관리		제11장 방사선방호
		제12장 방사성물질의 배출 및 폐기물관리
제9장 기록 및 보고		제17장 기록 및 보고
제10장 주기적 안전성평가		-
제11장 원전해체		제18장 원전해체

### 3. IAEA 요건대비 원자로규칙 기술기준 분석

IAEA 요건과 국내 원자로규칙의 기술기준을 비교하면 체계상으로 설계 및 운영에 관한 IAEA 요건은 기술기준의 구조·설비 및 성능과 운영으로 각각 대응된다. 설계에 관한 IAEA 요건은 기본기술요건, 원전설계요건, 원전계통설계요건 등으로 분류하고 있으나 국내 기술기준에는 이러한 대분류가 없이 단순 나열식으로 요건이 규정되어 있다. 미국의 일반설계기준도 IAEA와 유사하게 대분류의 구분을 하고 있다. 설계 및 운영에 관한 IAEA 요건에 대비하여 원자로규칙 기술기준을 분석한 결과 원자로규칙에 미반영된 항목, 항목은 있으나 내용상 미흡한 사항을 도출하였으며 설계 및 운영 요건별로 정리하면 다음과 같다.

#### 가. 설계요건

설계에 관한 IAEA 요건(NS-R-1)과 원자로규칙에서 규정하는 구조·설비 및 성능 기술기준을 전체적으로 비교하면 표 5와 같다. 여기에서 IAEA 요건에 비하여 원자로규칙에서 미반영된 항목을 정리하면 다음과 같다.

- 설비환경검증

설계에 관한 IAEA 요건에서는 검증절차서가 수립되어, 안전에 중요한 설비들이 그들의 설계수명기간동안 진동, 온도, 압력, 분사충격, 전자기의 간섭, 방사선조사, 습도 또는 그 밖의 가능한 이들의 조합등의 환경조건에 대하여 필요한 시기에 그 기능이 수행됨을 확인되도록 요구하고 있다. 고려해야 할 환경조건은 정상운전, 예상운전과도, 설계기준사고에서의 상태를 포함하여야 한다. 검증프로그램에 있어서는, 기대되는 기기의 수명기간에 걸쳐서, 여러 가지의 환경인자(예컨대, 진동, 방사선조사와 극단의 온도변화 등)에 의해서 발생하는 노화영향이 고려되어야 한다. 기기들이 외부적인 자연사건 발생시, 그러한 사고중에 또는 사고후에 안전기능을 수행하는 것이 필요할 경우에는, 검증프로그램은 실용가능한 범위내에서 자연현상에 의해 그 기기에 부과된 조건을 시험이나 분석, 또는 시험, 분석 두 가지의 조합을 통해서 반드시 확인하여야 한다. 특히 중대사고시에 운전되어야 하는 계측장비와 같은 기기들은 합리적인 신뢰성을 가지고 설계에서 의도한 바와 같은 능력을 발휘할 수 있도록 규정하고 있다. 그러나 국내 원자로규칙에서는 이에 대한 명확한 규정사항이 없다.

- 노화

노화와 관련된 요건은 IAEA 요건에서도 개정후에 반영된 사항이다. 안전에 중요한 모든 구조물, 계통 및 기기의 설계에는 설계수명기간 필요한 안전기능 수행 능력을 보장하기 위하여 노화를 고려하여 적절한 여유도가 반드시 고려되어야 하며, 설계단계에서 감시, 시험, 시료채취, 검사, 노화기구의 예측을 평가하는 것, 가동중에 발생할 수 있는 예기치 못한 거동이나 성능저하를 확인하는 것 등을 위한 조치가 반드시 마련되도록 규정하고 있다.

원자로규칙에서는 이와 관련한 명확한 규정은 없는 상태이며 다만 운영단계에 시간의 경과에 따라 재질의 취약화, 성능확인을 위한 시험, 감시, 검사 및 보수등에 대하여 계획을 수립하고 과학기술부고시에 따라 적절한 조치를 취하도록 규정하고 있다[10].

- 중대사고

중대사고에 대하여는 공학적인 판단과 확률론적 방법을 사용하여, 합리적으로 실용성 있는 예방 또는 완화 조치들이 확인될 수 있도록 고려되어야 한다. 허용될 수 있는 조치에는 확률론적 방법, 결정론적 방법과 확실한 공학적인 판단의 적절한 조합을 통하여 확인되어야 한다. 아울러 사고관

리절차서는 대표적인 중대사고 시나리오를 고려하여 수립되어야 한다.

원자로규칙에는 중대사고에 대한 언급이 없다. 다만 실질적으로는 중대사고정책 등을 통하여 이에 대한 내용을 부분적으로 다루고 있는 것으로 판단된다.

### 나. 운영요건

운영에 관한 IAEA 요건(NS-R-2)과 원자로규칙 기술기준을 전체적으로 비교하면 표 6과 같다. 여기에서 IAEA 요건에 비하여 원자로규칙에서 미반영 또는 미흡한 사항, IAEA 요건에는 없으나 기술기준에 포함되어 있는 사항, IAEA 요건에는 있으나 국내 법령에서는 산재되어 규정하고 있는 사항을 정리하면 다음과 같다.

#### • 물리적 방호

IAEA 요건에는 안전재해 행위로부터 개인보호를 위한 합리적인 예방책 수립과 출입제한, 공격, 파괴활동 등 물리적 안전과 물리적 방호를 위한 방안 수립 또한 사회적 소요사태에 대한 방어계획과 절차 수립에 대한 물리적 방호에 대한 내용을 담고 있다. 우리나라에는 타부처 소관사항이므로 원자력법령에서는 이에 대한 내용의 조항은 없다.

#### • 방사선비상계획

비상사태에 대한 비상계획준비, 내용, 비상시 필요한 장비의 구비와 유용성, 타기관과의 비상에 대한 공조체제, 방사선 및 비방사선 재해의 조합 등을 고려하도록 IAEA 요건에서는 언급하고 있다. 우리나라 법령에서는 이에 대하여 원자력법 제21조(운영허가) 제2항에서 허가신청서류의 하나로 방사선비상계획서의 제출을 규정하고, 시행규칙 제16조(운영기술지침서 등의 기재사항) 제4항에서 방사선비상계획서의 기재사항을 규정함과 아울러 기재방법 등 상세한 사항은 과학기술부 고시로 정하도록 규정하고 있다.

#### • 정지운전

원자로 정지운전 중 안전기능에 영향을 미치는 운전변수의 제한치 설정, 붕괴열 제거기능 상실 후 노심냉각, 붕괴열 제거, 핵분열생성물 유출제한에 대한 충분한 완화능력확보의 내용을 포함하고 있는 원자로규칙 제60조(원자로의 정지운전)에 대하여 현재의 IAEA 요건에서는 이러한 정지운전에 대한 내용은 언급하고 있지 않다.

#### • 기록 및 보고

IAEA 요건 제9장에는 안전에 중요한 기록과 보고의 관리에서 기록관리를 위한 준비, 내용, 문서의 최신화를 위한 관리체계, 주기적 요약보고서의 요구시 규제기관에게 제공하도록 하는 등의 기록 및 보고에 관한 일반적인 내용을 담고 있다. 우리나라 원자력법령체계에서는 이러한 일반적인 내용은 규정하지 않은 반면, 원자력법 제25조(기록과 비치)에서 과학기술부령이 정하는 바에 따라 기록하고 사업소마다 비치하도록 규정하고 있고 시행규칙 제120조(기록과 비치)의 별표5에서 사업별로 기록비치하여야 할 사항을 구체적으로 규정하고 있다.

표 5. IAEA 설계요건 및 원자로규칙 기준 비교

	NS-R-1	원자로규칙
제1장 서론	• 배경, 제정목적, 적용범위, 구성	제11조 (적용범위)
제2장 안전목표 및 개념	• 안전목표, 심층방어 개념	
제3장 안전관리 요건	• 관리책임, 설계관리, 입증된 공학관행, 운전경험 및 안전 연구, 안전성평가, 안전성평가의 독립적 검증, 품질보증	



NS-R-1		원자로규칙		
제4장 기본 기술요건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 심층방어요건, 안전기능, 사고예방 및 원전안전특성, 방사선방호 및 허용기준</li> </ul>			
제5장 원전 설계요건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전등급</li> </ul>	기능 및 안전중요도에 근거한 등급분류, 분류에 의한 품질과 신뢰도에 따라 설계, 건설, 보수 (안전기능 수행확률도 고려)	제12조 (안전등급 및 규칙)	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반설계기준</li> </ul>	발전소상태 구분, 기상기인사건, 내부사건, 외부사건, 부지관련특성, 사건의 조합, 설계원칙, 설계한계, 운전상태, 설계기준사고, 중대사고	제13조 (외적 요인에 관한 설계기준) 제14조 (화재방호에 관한 설계기준등) 제15조 (환경영향 등에 관한 설계기준) 제39조 (급경사지의 붕괴방지 등) 제42조 (설계기준사고) 제43조 (기동·정지 및 저출력 운전의 보호설계) 제48조 (운전제한조건의 설정·조정 등)	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조물·계통·기기 신뢰성 설계</li> </ul>	공동원인고장, 단일고장기준, 고장안전설계, 보조서비스, 기기정지	제44조 (신뢰성)	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가동중시험·정비·수리·검사·감시요건</li> </ul>	신뢰도 목표달성을 위하여 수명기간동안 교정, 시험, 정비, 수리, 교체 검사, 감시	제41조 (시험·감시·검사 및 보수)	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설비환경검증</li> </ul>	진동, 온도, 압력, 전자기파, 방사성, 습도 등의 환경조건하에서 기능유지를 위하여 환경검증 절차 적용	-	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노화</li> </ul>	수명기간동안 안전기능유지를 위하여 노화 및 열화를 고려한 설계여유도 확보	-	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인적요소</li> </ul>	운전자성능을 위한 최적설계	제45조 (인적 요소)	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기타 설계고려사항</li> </ul>	설비 공유, 방사성물질 포함계통, 폐열·열사용·담수화 발전소, 연료 및 폐기물 포장 및 운반, 대피통로 및 통신수단, 발전소 출입관리, 계통상호작용, 전력그리드와 발전소간의 상호작용, 해체	제16조 (설비의 공유)	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전성분석</li> </ul>	결정론적 접근, 확률론적 접근	-	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원자로 노심 및 관련 설비특성</li> </ul>	일반설계, 연료요소 및 집합체, 원자로 노심관리, 원자로 정지	제17조 (원자로의 설계) 제18조 (원자로의 고유보호) 제19조 (원자로출력 및 출력분포 진동 제어) 제35조 (원자로의 노심 등) 제36조 (제어제구동장치)	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원자로냉각재 계통</li> </ul>	원자로냉각재계통 설계, 일차압력경계 가동중검사, 원자로냉각재 재고량, 원자로냉각재 정화, 노심 잔열제거, 비상노심냉각, 비상노심냉각계통 검사 및 시험, 최종열제거원으로 열전달	제21조 (원자로냉각재압력경계) 제22조 (원자로냉각재 계통 등) 제29조 (잔열제거설비) 제30조 (비상노심냉각장치) 제31조 (최종 열제거설비) 제37조 (과압방지)	
	제6장 원전 계통설계 요건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 격납계통</li> </ul>	격납계통설계, 격납건물 구조물 강도, 격납건물 압력시험능력, 격납건물 누설, 격납건물 관통부, 격납건물 격리, 격납건물 공기차단문, 격납건물 내부구조물, 격납건물 열제거, 격납건물 대기 제어 및 정화, 덮개 및 피복재	제23조 (원자로격납건물 등)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 계측 및 제어</li> </ul>	안전에 중요한 계측 및 제어계통 일반요건, 제어실, 보조제어실, 안전에 중요한 계통에서 컴퓨터기반계통의 사용, 자동제어, 보호계통 기능, 보호계통의 신뢰도 및 시험성, 보호계통에서 컴퓨터기반계통의 사용, 보호계통과 제어계통의 분리	제20조 (계측 및 제어장치) 제25조 (원자로제어실 등) 제26조 (원자로보호계통) 제27조 (다양성보호계통) 제28조 (반응도 제어계통) 제38조 (경보장치 등)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비상제어센터</li> </ul>		비상제어센터	제47조 (비상대응시설 및 설비)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비상전력공급</li> </ul>		비상전력공급	제24조 (전력공급설비)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐기물처리 및 관리 계통</li> </ul>		액체 방사성물질의 환경방출 관리, 부유 방사성물질 관리, 기체 방사성물질 환경방출 관리	제32조 (방사성폐기물의 처리 및 저장시설 등)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연료취급 및 저장 계통</li> </ul>		조사되지않은 연료취급 및 저장, 조사된 연료 취급 및 저장	제33조 (연료취급장치 및 저장설비)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 방사선 방호</li> </ul>		일반요건, 방사선방호 설계, 방사선 감시수단	제34조 (방사선방호설비) 제46조 (방사선방호의 최적화)	

표 6. IAEA 운영요건 및 원자로규칙 기준 비교

	NS-R-2	원자로규칙(원자력법령)
제1장 서론	<ul style="list-style-type: none"> <li>배경, 목적, 범위, 구성체계</li> </ul>	제50조 (적용범위)
제2장 운영조직	<ul style="list-style-type: none"> <li>일반요건</li> </ul>	제54조 (운영조직)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>규제기관과의 관계</li> </ul>	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>품질보증</li> </ul>	제68조 (품질보증조직) 제69조 (품질보증계획) 제84조 (품질보증기록)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>운전경험의 반영</li> </ul>	제57조 (인적요소의 관리) 제58조 (운전경험의 반영)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>물리적방호</li> </ul>	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>화재안전</li> </ul>	제59조 (화재방호계획)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>비상대책</li> </ul>	원자력법 제21조(운영허가) 제2항 인허가 신청서류 시행규칙 제16조4항
제3장 종사자의 자격부여 및 훈련	<ul style="list-style-type: none"> <li>종사자의 자격, 경험 및 필요한 훈련, 교육수행</li> <li>운전원의 훈련계획</li> <li>설계기준사고를 초과하는 사고관리 교육</li> </ul>	제55조 (자격 및 훈련) 시행규칙 제104조 (교육 및 훈련의 실시)
제4장 원전 시운전 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>시운전에 관한 권한과 책임의 위임</li> <li>시운전계획의 세부계획 및 고려사항</li> <li>시운전 및 보수기록, 보관</li> </ul>	제49조 (초기시험)
제5장 원전 운전	<ul style="list-style-type: none"> <li>운전제한조건</li> </ul>	제48조 (운전제한조건 설정, 조정 등)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>운전지침서 및 절차서</li> </ul>	제53조 (운영기술지침서의 준수 등) 제56조 (운영절차서)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>노심관리 및 핵연료취급</li> </ul>	제61조 (노심관리 및 핵연료 취급)
	-	제60조 (원자로의 정지운전)
제6장 안전에 중요한 구조물, 계통 및 기기의 보수, 시험, 감시 및 검사	<ul style="list-style-type: none"> <li>보수, 시험, 감시 및 검사에 대한 절차서 제정</li> <li>비정상사건후, 기기, 계통의 안전기능과 기능적 건전성 재확인</li> <li>보수, 시험, 감시, 검사에 대한 자료의 기록, 저장, 분석</li> </ul>	제63조 (시험, 감시, 검사 및 보수)
제7장 발전소 변경	<ul style="list-style-type: none"> <li>중요변경사항 규제기관에 제출</li> <li>영구적, 임시적변경의 절차서 작성</li> <li>변경후 발전소운전에 대한 모든 필요문서의 최신화</li> </ul>	시행령 제23조 (변경허가의 신청) 제34조 (변경허가의 신청) 별표5
제8장 방사선방호 및 방사성폐기물 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>ALARA원칙에 맞게 유지되도록 계획서 작성</li> <li>방사선방호기능의 독립성과 충분한 자원확보</li> <li>방사성폐기물의 안전관리계획 작성</li> </ul>	제51조 (방사선관리구역 등에의 조치) 제52조 (피폭방사선량 등에 관한 조치) 제62조 (방사선방호계획) 제64조 (사업소 안의 운반) 제65조 (사업소 안의 방사성물질등의 저장) 제66조 (방사성폐기물 관리계획)
제9장 기록 및 보고	<ul style="list-style-type: none"> <li>안전에 중요한 기록과 보고의 관리</li> <li>문서의 최신화를 위한 관리체계</li> <li>주기적 요약보고서 요구시 규제기관에게 제공</li> </ul>	원자력법 제25조 (기록과 비치) 시행규칙 제120조 (기록과 비치)
제10장 주기적 안전성평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>발전소의 포괄적인 주기적안전성평가(PSR)의 검토전략 및 안전성요인의 규제기관에 의한 승인되거나 동의</li> <li>PSR의 범위</li> <li>PSR 결과에 기초하여 운전조직은 필요한 조치행위 이행</li> </ul>	원자력법 제23조의3 (주기적안전성평가) 시행령 제42조의2 (주기적안전성평가의 시기 등) 시행령 제42조의3 (주기적안전성평가의 내용) 시행령 제42조의4 (주기적안전성평가의 방법 및 기준) 시행규칙 제19조의2 (주기적안전성평가의 세부내용), 시행규칙 제19조의3 (주기적안전성평가의 기준)
제11장 원전해체	<ul style="list-style-type: none"> <li>발전소 해체조치에 대한 준비제출</li> <li>해체단계를 위한 안전성 타당성을 제공하기 위해 안전성분석보고서 또는 동등의 보고서 준비</li> </ul>	원자력법 제31조 (발전용원자로 및 관계시설의 해체) 시행규칙 제20조 (원자로시설의 해체계획승인신청)

## 4. 결 론

본 연구에서는 설계 및 운영에 관한 IAEA 요건의 개정 전후의 내용을 비교 분석하였으며 개정된 요건과 국내 원자로규칙에서 규정하는 기술기준을 비교하고 차이점을 분석하였다. 주요 내용은 다음과 같다.

- 가. 설계에 관한 개정 IAEA 요건은 그 체계가 상당히 변화되었으며, 내용상으로 보완된 사항은 발전소상태구분, 심층방어, 노화 등이다.
- 나. 운영에 관한 개정 IAEA 요건에서 신규로 추가된 내용은 화재안전과 주기적안전성평가이다.
- 다. 설계에 관한 원자로규칙의 기술기준을 IAEA 요건과 비교 분석한 결과, 미반영된 항목은 설비 환경검증, 노화, 중대사고 등을 들 수 있으며 국내 적용은 사안별로 정책성명 또는 우리실정에 적합하도록 개선하는 노력이 필요하다.
- 라. 운영에 관한 원자로규칙의 기술기준을 IAEA 요건과 비교 분석한 결과, 체계상 또는 내용상 차이가 나는 항목은 물리적 방호, 방사선비상계획, 정지운전 등이다.
- 마. 본 연구에서는 IAEA 요건 수준의 기술기준을 주로 분석하였으나 안전지침 수준의 세부내용은 추가 검토가 필요하다. IAEA 요건중 원자로규칙에서 미흡한 항목은 향후 국내 법령상의 위상 부여와 함께 적절한 방향으로 보완되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. KINS/ER-030 Vol.2 기술기준개발, 2001.12, 한국원자력안전기술원.
2. 원자력관계법령집, 2001, 한국원자력안전기술원.
3. Status of IAEA Safety Standards Program, IAEA, January 2002.
4. KINS/RR-107 원자력안전규제 기술요건체계 분석, 2002.2, 한국원자력안전기술원.
5. Code on the Safety of Nuclear Power Plants: Design, Safety Series No. 50-C-O, IAEA, Vienna(1988).
6. Safety of Nuclear Power Plants: Design, Requirements IAEA Safety Standards Series No. NS-R-1, IAEA, Vienna(2000).
7. International Nuclear Safety Advisory Group, Defence in Depth in Nuclear Safety, INSAG-10, IAEA, Vienna(1996).
8. Code on the Safety of Nuclear Power Plants: Operation, Safety Series No. 50-C-O, IAEA, Vienna(1988).
9. Safety of Nuclear Power Plants: Operation, Requirements IAEA Safety Standards Series No. NS-R-2, IAEA, Vienna(2000).
10. 원자력관계고시집, 2002, 한국원자력안전기술원.