

원자력발전소 안전규제의 비교법적 연구 - 벨기에 -

김 범 준



지역법제 연구 15-16-③-8

원자력발전소 안전규제의
비교법적 연구
-벨기에-

김 범 준

원자력발전소 안전규제의 비교법적 연구

-벨기에-

Comparative Legal Study on Safety
Regulations of Nuclear Power Station

-Belgium-

연구자 : 김범준(단국대 법과대학 교수)

Kim, Beom-Joon

2015. 10. 31.



한국법제연구원
KOREA LEGISLATION RESEARCH INSTITUTE

요 약 문

I. 배경 및 목적

- 2011년 3월, 동일본 대지진으로 인한 후쿠시마 제1원전의 폭발사건은 전 세계에 큰 충격과 불안감을 주었고, 원자력 안전에 대한 관심과 경각심을 일깨운 계기가 되었음.
- 이는 특히 현대의 다양하고 복잡한 재난환경을 고려할 때 사고 피해의 대규모성을 인지하게 됨으로써 원전보유국들이 대대적인 원전 안전점검에 착수하는 기회를 제공하였음.
- 우리나라도 후쿠시마 원전사고를 계기로 사회 전반적으로 원전에 대한 인식이 급변하고, 최근 국내 원전에서 발생한 정전은폐 사건 및 사업자 비리, 품질검증서 위조사건 등으로 국민의 원자력 안전에 대한 불신이 확대되고 있는바 기존의 안전점검에 더하여 원전에 대한 안전규제체계의 재정비와 개선이 필요한 시점이라 판단됨.
- 1974년부터 원자력발전소를 상용화하기 시작한 벨기에는 현재 7기의 원전을 운영함으로써 유럽 내에서도 프랑스(58기), 영국(16기), 스웨덴(10기) 및 독일(9기)에 이어 5대 원전 대국으로서의 지위를 가지고 있으며, 원자력 에너지를 이용한 국내 전기 공급 수급량은 약 53.7%로서 프랑스(73.3%)와

슬로바키아(54.4%)에 이어 유럽 내 3위의 원자력 활용국가라 할 수 있음.

- 또한, 최근에는 정부주도의 연구결과를 토대로 에너지안보와 경제성장 및 이산화탄소 배출량의 제한 등을 고려하여 종래 원자력발전에 소극적이었던 태도를 바꾸어 이를 장기간 활용하기로 결정하고, 이에 대한 투자와 안전규제체계의 개선을 점진적으로 진행할 계획에 있음.
- 이러한 상황에서 벨기에의 원자력발전소 안전규제법제에 대한 체계적이고 면밀한 연구는 향후 우리나라 원전 안전규제법제의 개선과 재정비를 위해 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것인바 본 연구는 벨기에의 원자력발전 안전규제 법제를 분석함으로써 구체적인 시사점을 제시하는데에 그 목적이 있음.

II. 주요 내용

- 벨기에의 원자력발전소 현황과 안전규제 기관의 기능, 권한, 구조 및 지위 등에 대하여 심층적으로 분석하였음.
- 벨기에의 원자력발전소 현황
- 규제기관의 기능·권한·구조 및 지위 등에 대한 분석
- 연방원자력통제청(FANC)과 Bel V와의 관계 및 국제 규제기구와의 관계에 대한 분석

□ 벨기에의 원자력발전소 안전 관련 법제의 주요 내용을 분석하였음.

- 1994년「방사선 안전 및 연방원자력통제청(FANC)에 관한 법률」
- 2001년 7월 20일 칙령(GRR-2001)
- 2011년 11월 30일 칙령(SRNI-2011)
- 비상계획에 관한 2003년 10월 17일 칙령
- 2003년「원자력 에너지의 단계적 폐지에 관한 법률」
- 원자력시설에 대한 인허가 규제체계 분석

□ 벨기에의 원자력발전소 안전규제 절차와 내용을 분석하였음.

- 원자력시설운영권자(원전사업자)의 책임과 안전의 우선순위를 분석하였음.
- 인적 자원의 관리
- 품질보증과 안전평가
- 방사선 방호
- 비상사태에 대한 대비
- 부지와 설계·건축 및 운영

Ⅲ. 기대효과

- 벨기에의 원자력발전소 안전규제 법제에 대한 심층 분석을 통해 향후 우리나라 원전 안전규제 법제의 재정비와 개선 작업에 기여함은 물론 정책수요에도 대비할 수 있을 것으로 사료됨.

 - 또한, 벨기에의 원자력 안전규제 법제에 관한 분석 자료가 많지 않은 국내 상황을 감안한다면, 본 연구가 유용한 기초 선행 연구 자료로서 활용될 수 있을 것으로 판단됨.
- ▶ 주제어 : 후쿠시마 원전사고, 원자력 안전, 벨기에, 안전규제기관, 안전규제법제, 원자력시설운영권자(원전사업자), 품질보증, 안전평가, 방사선 방호, 비상사태, 부지, 설계, 건축, 운영

Abstract

I . Background and Purpose

- In March 2011, Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident by the Great East Japan Earthquake caused huge shock and anxiety in the world and awakened the attention and the awareness on the nuclear safety.
- Especially, this provides a chance for countries having nuclear power plants to initiate a large-scale safety inspection for their nuclear power plants when considering various and complicated circumstances of modern disasters and recognizing the enormous scale of the damage by accidents.
- Also in Korea, the awareness of the nuclear power plant has rapidly been changed in the whole society after the Fukushima nuclear accident and due to the concealment of the power outage, business corruption, fake quality assurance certificate issue, etc. currently occurred in domestic nuclear plants, the distrust on the safety of nuclear power has been expanded nationally. Thus, in addition to the existing safety inspection, now rearrangements and improvements of the safety regulatory system for the nuclear power plants seems to be necessary.

- In Belgium, nuclear power plants has commonly been used since 1974 and not 7 nuclear power plants are operated. It is ranked as the 5th country having most nuclear power plants in Europe after France (58), England (16), Sweden (10) and Germany (9). About 53.7% of its domestic electricity supplies are provided by using nuclear energy and thus its nuclear power utilization rate could be the third largest in Europe after France (73.3%) and Slovakia (54.4%).
- Furthermore, the Belgian former passive attitude on the nuclear power development has recently been changed into the one to decide its long-term utilization based on the government-led research and considering energy security, economic growth, carbon dioxide emission and etc. For this, the investment and the improvement on the safety regulatory system are in the plan to proceed gradually.
- In this situation, since the systemic and thorough study on the safety regulatory framework of the Belgium nuclear power plants could be utilized as the essential basic resources for improving and restructuring our future safety regulatory system of nuclear plants, this study is intended to suggest concrete perspectives by analyzing the safety regulation and legislation of the Belgium nuclear power development.

II. Main Contents

- In-depth analysis on current status of Belgium nuclear power plants and function, powers, structure, position and etc. of the regulatory body
 - Current status of Belgium nuclear power plants
 - Analysis on function, powers, structure, position and etc. of the regulatory body
 - Analysis on relationship between the FANC(Federal Agency for Nuclear Control) and Bel V, and their relationship with the international regulatory bodies
- Analysis on main contents of legislative and regulatory framework for the safety of Belgium nuclear power plants
 - The Law of April 1994 on the Protection of the Population and the Environment against the Hazards of Ionizing Radiation and on the Federal Agency for Nuclear Control
 - The Royal Decree of 20 July 2001 laying down General Regulation regarding the protection of the public, the workers and the environment against the hazards of ionizing radiation (GRR-2001)
 - The Royal Decree of 30 November 2011 on the Safety Requirements for Nuclear Installations (SRNI-2011)

- The Royal Decree of 17 October 2003 on Emergency Planning
- The Law of 31 January 2003 on the Phase-out of Nuclear Energy
- Analysis on the Licensing Regime for Nuclear Installations

- Analysis on procedures and contents of safety regulation for Belgium nuclear power plants
 - Responsibilities of licence holders and priority to safety
 - Management of Human Resources
 - Quality Assurance, Assessment and Verification of Safety
 - Radiation Protection
 - Emergency Preparedness
 - Siting, Design, Construction & Operation

III. Expected Effect

- Through the in-depth analysis on safety regulatory system of Belgium nuclear power plants, it will be possible to contribute to rearrangements and improvements of our future safety regulation of nuclear power as well as to prepare for policy demands.

- In addition, given the situation that there are few analysis on Belgian safety regulatory framework of nuclear power in Korea,

this study could be utilized as an useful basic prior research resources.

► **Key Words** : Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident, Nuclear Safety, Belgium, Regulatory Body, Legislative and Regulatory Framework, Licence Holder, Quality Assurance, Assessment and Verification of Safety, Radiation Protection, Emergency, Siting, Design, Construction, Operation

목 차

요 약 문	3
Abstract	7
제 1 장 서 론	17
제 1 절 연구의 필요성 및 목적	17
제 2 절 연구의 범위	21
제 2 장 벨기에의 원자력발전소 안전규제기관	25
제 1 절 벨기에의 원자력발전소 현황	25
I. 원자력발전소(Nuclear Power Plants; NNPs)	25
II. 연구용 원자로(Research Reactors)	29
제 2 절 규제기관의 기능	34
I. 규제 및 감독 단계	34
II. 구체적인 기술 분석(technical analysis) 및 운영자에 대한 영구 감독(permanent supervision) 단계	35
제 3 절 규제기관의 권한	37
제 4 절 규제기관의 구조	38
I. 안전 당국(Safety Authority)	38
II. Bel V의 조직체계	41
III. Bel V의 기술적 활동(technical activities)	44

제 5 절	규제기관의 정부조직상 지위	46
제 6 절	연방원자력통제청(FANC)과 Bel V와의 관계	46
	I. 운영 및 전략적 목적	46
	II. 수평적 협조사항	48
	III. Bel V의 자원 조달	49
제 7 절	국제 규제기구와의 관계	49
제 8 절	소 결	50
제 3 장	벨기에의 원자력발전소 안전관련 법제	53
제 1 절	1994년 「방사선 안전 및 연방원자력 통제청(FANC)에 관한 법률」	54
제 2 절	2001년 7월 20일 칙령(GRR-2001)	57
제 3 절	2011년 11월 30일 칙령(SRNI-2011)	61
제 4 절	비상계획에 관한 2003년 10월 17일 칙령	67
제 5 절	2003년 「원자력 에너지의 단계적 폐지에 관한 법률」	69
제 6 절	원자력 시설에 대한 인허가 규제체계	70
제 7 절	소 결	73
제 4 장	벨기에의 원자력발전소 안전규제절차(내용)	75
제 1 절	원자력시설 운영권자(원전사업자)의 책임과 안전	75
	I. 원자력시설 운영권자(원전사업자)의 책임	75
	II. 안전의 우선순위	76

제 2 절 인적 자원의 관리	86
I. 원전사업자(허가취득자; Electrabel)의 인적(人的) 성과 프로그램	86
II. 규제기관에 의한 안전문화의 관찰	91
제 3 절 품질보증과 안전평가	92
I. 품질보증	92
II. 안전평가 및 확인	97
제 4 절 방사선 방호	103
I. 규 정	103
II. 설 계	104
III. 원자력발전소의 운영	104
제 5 절 비상사태에 대한 대비	110
I. 규제 체계	110
II. 비상사태 시 비상대책기구의 운영	110
제 6 절 부지와 설계·건축 및 운영	119
I. 부 지	119
II. 설계 및 건축	123
III. 운 영	130
제 5 장 결 론	139
제 1 절 후쿠시마 원전사고를 전후로 한 원자력 규제환경의 변화	139
제 2 절 법제상의 시사점	141
참 고 문 헌	147

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 필요성 및 목적

원자력 발전은 경제성은 물론 저탄소 이행과 관련된 기후변화에도 효과적으로 대응할 수 있는 전원으로 관심 받고 있다. 이러한 이점 때문에 많은 나라들이 원자력 발전을 주요 전원으로 사용하고 신규 도입도 고려하고 있다. 그러나 과거 여러 차례의 심각한 원전사고로 인하여 원자력에 대한 국제사회의 의구심은 깊어지고 있다.¹⁾

특히, 2011년 3월 후쿠시마 제1원전의 폭발사고는 전 세계에 큰 충격과 불안감을 주었고, 원자력 안전에 대한 관심과 경각심을 일깨웠으며, 체르노빌 사태 이후 25년 간 원전에서 중대한 사고가 발생하지 않음으로써 ‘원자력 발전은 안전하다’는 종래의 인식에 경종을 울리는 계기가 되었다. 실제로 사고 직후 독일과 스위스, 벨기에 등은 원자력 발전을 포기하거나 축소하는 방향으로 에너지 정책을 전환하였고, 그렇지 않은 나라에서도 원전의 안전성 향상 특히, 예상을 뛰어 넘는 대형 지진과 해일 등 자연재해로 인한 원전 중대사고 발생 시 대처방안의 확보에 대한 요구가 증대되고 있다. 이에 우리나라를 비롯한 미국, 프랑스, 스위스, 벨기에 등 원자력안전협약(Convention on Nuclear Safety; CNS) 서명국 70개국 등 국제사회도 지난 2015년 2월 9일 원자력 안전성 강화를 위한 ‘비엔나선언’을 채택하여 안전규제요건의 제도적 구비, 규제기관의 독립성, 안전우선원칙 등과 관련된 14개 의무사항을 규정하고 특히, 가동원전에 대하여는 조속히 안전성을 평가하여 필요한 개선 조치를 취하고, 보완이 불가능한 경우 가동중지계획을 수립·시행해야 한다는 특별 조항을 둬으로써 전 세계적으로 높은 수준의 안전성을 확보·유지하기 위한 노력을 배가하고 있다.²⁾

1) 박우영·이상림, “국내외 원전 안전규제시스템 비교 연구”, 기본 연구보고서 14-07, 에너지경제연구원 (2012.11), 요약 i면.

국내에서도 후쿠시마 원전사고를 계기로 원전에 대한 사회 전반의 인식이 급변하였고, 최근 국내 원전에서 발생한 정전은폐 사건 및 사업자 비리, 품질검증서 위조사건 등으로 국민의 원자력 안전에 대한 불신이 확대되고 있는바 원자력 시설에 대한 국민의 체감 안전성 강화의 필요성이 대두되고 있다.³⁾ 또한, 국내에 가동 중인 원전이 노령화되고 가동기수가 증가함에 따라 고장 및 사고의 발생가능성도 증가할 수 있기 때문에 이를 사전에 방지하기 위한 대책의 수립도 필요한 실정이다. 이러한 사회적 요구 및 필요성을 충족시키기 위해서는 원자력 시설의 안전성을 강화하고 안전규제에 대한 대국민 신뢰도를 향상시켜야 한다. 결국 지속가능한 전원으로로서 원자력을 사용하기 위해서는 원전의 안전성을 담보할 수 있는 제도적 장치와 시스템을 확보하는 것이 관건일 것이고, 이를 위해 기존의 안전점검에 더하여 원전에 대한 안전규제 체계의 재정비와 개선이 필요한 시점이라 할 것이다.

원자력 발전 중에 발생하는 방사능 물질이 사고로 유출되는 경우 인간과 환경에 심각한 해를 끼치는 반면, 방사선은 통제하기 어렵기 때문에 매우 높은 수준의 안전을 유지하는 것이 원자력 에너지 사용의 핵심이자 필수적 선결사항이다.⁴⁾ 즉, 원자력 발전의 위험요소인 방사선을 효과적으로 통제하는 것이 원자력 안전의 목적이라 할 수 있다.⁵⁾

2) CNS의 ‘비엔나선언’에 관한 자세한 사항은

https://www.iaea.org/sites/default/files/cns_viennadeclaration090215.pdf 참조.

3) 원자력안전위원회 · 한국원자력안전기술원 · 한국원자력통제기술원, 「2014년 원자력 안전연감」(2015.3.), 17면.

4) 박우영 · 이상립, 전계보고서(각주1), 5면.

5) 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency; IAEA)는 원자력 안전을 “부당한 방사선 위해로부터 작업자, 대중 및 환경을 보호하도록 적절한 운전조건, 사고 예방 및 사고결과의 완화를 성취하는 것”으로 정의하고 있다. “The achievement of proper operating conditions, prevention of accidents or mitigation of accident consequences, resulting in protection of workers, the public and the environment from undue radiation hazards” (IAEA Glossary) 즉, 일상적으로 원자력 시설에서 일하는 작업자를 보호하고 이상상태 발생 시 초래될 수 있는 방사선 위해로부터 작업자와 대중 등의 인명을 보호하는 것과 방사능으로 인한 환경오염과 재산상의 피해를 막는 것이 원자력 안전의 문제이다.

따라서 원전의 안전성을 위해서는 기본적으로 원자력 안전 기술의 향상이 전제가 되어야 하겠지만, 기술 외적 측면에서도 원자력발전소를 운영하는 것은 어디까지나 인간의 영역이기 때문에 인적 요인에 따른 사고의 발생가능성이 상존하고, 따라서 원자력 사업 종사자와 정책당국 간의 원자력 안전문화도 대단히 중요한 요소가 될 것이다.

하지만, 안전문화 그 자체는 강제성이 없고, 특히 원전사업자는 원전의 안전성이 수익성과 배치될 경우 안전성을 희생하면서 수익성을 추구하려는 유인을 갖게 된다.⁶⁾ 따라서 정부는 원전사업자로 하여금 이를 교정하도록 하여 그 사회 또는 국민이 수용할 수 있는 수준의 안전성을 확보하도록 하는 것이 필요한데 그것이 곧 정부의 안전규제이다.⁷⁾ 즉, 안전한 원전의 운영을 위해서는 이를 제도적인 차원에서 관리·감독할 수 있는 안전규제 법제의 완비가 필요한 것이다. 또한, 원자력 안전은 일단 확보되면 국민 중 누구도 그 혜택으로부터 배제할 수 없고 또 그 재화의 양이 줄어들지 않는 공공재(public good)적 성격이 있으므로 국방이나 치안처럼 정부가 나서서 원자력 안전이라는 공공재화를 그 사회가 수용 가능한 최적 수준으로 확보해 주어야 하며 이것이 안전규제의 목표라고 할 수 있다.⁸⁾

벨기에는 1974년부터 돌(Doel) 1 원자력발전소를 상용화하기 시작하여 현재 7기의 원전을 운영함으로써 유럽 내에서도 프랑스(58기), 영국(16기), 스웨덴(10기) 및 독일(9기)에 이어 5대 원전 대국으로서의 지위를 가지고 있으며, 원자력 에너지를 이용한 국내 전기 공급 수급량

6) 박우영·이상립, 전계보고서(각주1), 요약 ii면.

7) 「2014년 원자력안전연감」, 전계서(각주3), 6면.

8) 「2014년 원자력안전연감」, 전계서(각주3), 6~7면. 한편, 원자력 시설은 사고가 발생할 경우 방사성 물질이 국경을 넘어 확산되어 인접국 및 지구적인 피해를 일으키는 국경초월의 특성을 가지고 있다. 따라서 원자력 시설 보유국들은 국제적인 원자력 안전규범을 준수하고 상호 안전검토 등의 국제 활동에 참여하여 지구적 안전성 확보에 기여하는 것이 의무사항으로 간주되고 있으며, 일본 후쿠시마 사고 이후 국제적인 안전성 점검활동과 각국의 안전성 향상노력이 경주되고 있다.

은 약 53.7%로서 프랑스(73.3%)와 슬로바키아(54.4%)에 이어 유럽 내 3위의 원자력 활용국가이다.⁹⁾ 벨기에 대부분의 전력은 GDF Suez의 자회사인 일렉트라벨(Electrabel)사(社)가 생산하고 있는데, Electrabel사(社)는 티안즈(Tihange) 1호기의 50%, Tihange 2·3호기 및 Doel 3·4호기의 89.8%, Doel 1·2호기의 100%를 소유하면서 모든 원전을 운영하고 있다. 또한, 벨기에는 최근 정부주도의 연구결과를 토대로 에너지 안보와 경제성장 및 이산화탄소 배출량의 제한 등을 고려하여 종래 원자력 발전에 소극적이었던 태도를 바꾸어 원자력 발전을 장기간 활용하기로 결정하고, 이에 대한 투자와 안전규제 체계의 개선을 점진적으로 진행할 계획에 있다.

벨기에는 우리나라와도 이미 「대한민국 정부와 벨지움왕국 정부 간의 핵에너지의 평화적 이용 분야에 있어서의 협력에 관한 협정」(1981년 3월), 「한국원자력연구원과 벨기에 원자력연구센터(SCK·CEN) 간 원자력 연구개발을 위한 상호협력 협약」(2008년 10월) 및 「서울대학교 공과대학과 벨기에 원자력연구원 간 핵변환기술 공동개발에 대한 상호협력 MOU」(2009년 5월) 등을 체결하여 협력하고 있으며, 국제적으로도 경제협력개발기구 원자력에너지기구(Organization of Economic Cooperations & Development/Nuclear Energy Agency; OECD/NEA), 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency; IAEA) 및 미래형원자로기술개발사업(International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles; INPRO)의 회원국으로, 국제원자력협력체제(International Framework for Nuclear Energy Cooperation; IFNEC)의 참관국으로 활동하고 있다.

이러한 상황에서 벨기에가 원전의 안전성을 확보하기 위해 구축하고 운영 중인 원자력 안전규제 법제에 대한 면밀한 검토와 분석은 향후 우리나라 원전 안전규제 법제의 개선과 재정비 작업에 기여함은 물론

9) 벨기에는 우라늄이나 석유자원이 없기 때문에 원자력을 통하여 대부분의 전력을 생산하고, 천연가스, 바이오연료와 폐기물, 석탄, 풍력, 수력 및 태양력 등의 순으로 전력생산을 의존하고 있으며, 나머지 필요분은 수입하고 있다.

정책수요에도 대비할 수 있을 것으로 보이며, 벨기에의 원자력 안전 규제 법제에 관한 분석 자료가 많지 않은 국내 상황을 감안한다면 본 연구가 유용한 선행연구 자료로서 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

제 2 절 연구의 범위

지금까지 원전에서의 대형 사고는 1979년 미국의 TMI 사고,¹⁰⁾ 1986년 舊소련의 체르노빌 사고,¹¹⁾ 2011년 일본의 후쿠시마 사고¹²⁾ 등 3

10) 1979년 3월 28일 미국 펜실베이니아주 미들타운의 스리마일 섬(Three Mile Island)에 있는 TMI-2 발전소에서 운전 중 자동밸브 장치에 이상이 발생하여 열을 전도시키는 열 교환기에 물 공급이 중단되었다. 급수상실로 인해 원자로 냉각계통의 온도와 압력이 모두 상승하였고 압력방출밸브가 자동으로 개방되어 냉각수를 모두 제거하면서 개방된 상태로 유지되었다. 여기에 정비오류로 인해 보조급수기마저 작동하지 않았고 운전원이 경수로를 냉각하는 긴급노심냉각장치(Emergency Core Cooling Systems)의 작동을 멈추게 하는 부적절한 대응으로 사태를 악화시켰다. 결국, 냉각수의 유출로 원자로의 내부 온도가 급상승하면서 핵 연료봉이 녹아내리고 원자로 용기까지도 파괴됨으로써 많은 핵분열 생성물이 방출되었다. TMI-2 사고는 압력방출밸브 고장 및 보조급수가 공급되지 않는 기기 고장에 기인한 면도 있으나 부적절한 계측과 훈련으로 인해 긴급노심냉각장치 작동을 중단하였던 인적 실수가 노심용융까지 일으킨 사고로서 사고원자로를 안전하게 냉각시켜 해체하는 데만 15년가량 걸렸고 큰 비용이 투입되었다. 박우영·이상림, 전계보고서(각주1), 19~21면.

11) 1986년 4월 26일 舊소련(현재 우크라이나) 체르노빌의 원전 4호기가 완전히 폭발하는 사고가 일어났다. 사고 하루 전인 4월 25일 체르노빌 원전에서는 정기점검에 앞서 특정 시험을 진행했는데, 외부 전력 공급에 차질이 생겼을 때, 비상발전기 가동 시간 동안 터빈의 관성으로 냉각수 공급에 필요한 전력을 충분히 제공할 수 있는지에 대한 실험이었다. 운전자들은 이 시험이 원자력 안전과 관련이 없다고 간주하고 원자로 안전 요원과의 충분한 정보 교환과 협조 없이 시험을 진행했다. 시험 중 열출력이 저하되었고 원자로가 불안정해지자 열출력을 높이기 위해 운전원이 제어봉을 수동조절하는 과정에서 과잉출력이 이뤄졌다. 이에 핵연료가 급격히 과열되어 파손되었고 고온의 핵연료가 물과 반응하여 노심을 파괴하는 증기폭발을 일으켰으며 결국 원자로 건물이 파괴되어 엄청난 양의 방사능 물질이 유출되었다. 체르노빌 사고는 원전설계와 운영에 있어서 운전자들의 훈련 결함 및 안전인식 부족으로 일어난 인재라고 평가된다. 박우영·이상림, 전계보고서(각주1), 21~22면.

12) 2011년 3월 11일, 리히터 규모 9의 지진이 일본 동부해상에서 발생했다. 지진이 발생하자 그 당시 운전 중이던 후쿠시마 다이치 원전의 원자로 1호기부터 3호기까지 모두가 안전하게 정지되었고, 4호기부터 6호기까지는 정기점검을 위해 이미 정지해 있는 상태였다. 그러나 지진발생 후 약 1시간 후에 14미터 이상으로 추정되는 쓰나미가 후쿠시마 원전을 덮쳤고 이로 인해 비상발전기와 냉각수 공급펌프가 작동하지

차례가 있었다. 이러한 원전사고는 매우 드문 일이지만 일단 발생하면 전 세계적으로 천문학적인 피해와 비용을 야기하기 때문에 국제적인 공조 하에 원전 사고의 확률을 줄이고 안전성을 확보하기 위한 노력이 지속되어 왔다. 특히, 이러한 대형 사고가 있을 때마다 규제の内容에는 조금씩 차이가 있으나 각국은 원전의 안전성을 확보하기 위해 규제를 강화하는 등 제도적인 개선을 추진해 왔다.¹³⁾

요컨대 원자력 안전규제란, 원자력을 이용할 때 생길 수 있는 모든 위험으로부터 사람과 자연환경을 보호하기 위한 행정규제로서 안전규제의 대상이 되는 원자력의 이용은 크게 원자로를 활용하는 시설·업체와 방사성 동위원소를 이용하는 시설·업체로 구분할 수 있다. 원자로를 이용하는 시설에는 원자력발전소, 연구용 및 교육용 원자로 등이 있고, 방사성 동위원소를 이용하는 시설·업체에는 병원, 비파괴 검사업체, 동위원소 생산업체 등이 있는데,¹⁴⁾ 본 연구는 전자에 그 범위를 한정하기로 한다. 따라서 다음과 같은 항목을 중심으로 본 연구의 범위와 내용을 구성한다.

(1) 벨기에의 원자력발전소 안전규제 법제의 현황

- 벨기에의 원자력발전소 현황
- 1994년 「방사선 안전 및 연방원자력통제청(FANC)에 관한 법률」
- 2001년 7월 20일 칙령
- 2011년 11월 30일 칙령

않게 되었다. 결국, 1·2·3호기에서 노심냉각 기능이 상실되어 심각한 연료 손상이 발생했고 노심 용융으로 인해 원자로 건물에 심각한 손상을 입혔고, 4호기는 원자로 건물 상부가 폭발하여 상당량의 방사능 물질이 외부로 유출되었다. 후쿠시마 원전 사고의 원인이 지진과 쓰나미로 인해 발생했다는 자연재해 측면에서 바라보는 시각이 존재하지만, 부지선정 및 예측할 수 있는 최악의 상황에 대한 안전성 평가의 중요성을 새삼 상기시키는 계기가 되었다. 박우영·이상립, 전계보고서(각주1), 23~24면.

13) 박우영·이상립, 전계보고서(각주1), 1면.

14) 「2014년 원자력안전연감」, 전계서(각주3), 53면.

- 비상계획에 관한 2003년 10월 17일 칙령
- 2003년 「원자력 에너지의 단계적 폐지에 관한 법률」
- 원자력시설에 대한 인허가 규제체계
- 소 결

(2) 벨기에의 원자력발전소 안전규제기관

- 규제기관의 기능
- 규제기관의 권한
- 규제기관의 구조
- 규제기관의 정부조직상 지위
- 연방원자력통제청(FANC)과 Bel V와의 관계
- 국제 규제기구와의 관계
- 소 결

(3) 벨기에의 원자력발전소 안전규제의 내용

- 원자력시설 운영권자(원전사업자)의 책임과 안전
- 인적 자원의 관리
- 품질보증과 안전평가
- 방사선 방호
- 비상사태에 대한 대비
- 부지와 설계·건축 및 운영

(4) 연구 결과의 요약 및 정책적 시사점 도출

- 후쿠시마 원전사고를 전후로 한 원자력 규제환경의 변화
- 법제상의 시사점

제 2 장 벨기에의 원자력발전소 안전규제기관

제 1 절 벨기에의 원자력발전소 현황

I. 원자력발전소(Nuclear Power Plants; NNPs)

벨기에에는 총 7기의 원자력발전소를¹⁵⁾ 가동하고 있으며, 1974년과 1985년 사이에 운영되기 시작하였다. 이들은 웨스팅하우스(Westinghouse) 또는 프라마툼(Framatome)이 건설한 가압경수로 설비를 갖추고 있으며, 1·2차 시스템의 주요 부분은 벨기에 제조업체가 매번 파트너십(partnership)의 형태로 관여하였다.

<벨기에의 원자력발전소 현황 및 주요 재원>¹⁶⁾

시설	화력 (MWth)	운영 개시	격납건물	증기발생기 교체	핵연료 저장능력	설계자
Doel 1	1,312	1974	Double Containment (steel & concrete)	2009	664 positions	Westing-house
Doel 2	1,312	1975	Double Containment (steel & concrete)	2004		Westing-house
Doel 3	3,064	1982	Double Containment with inner metallic liner	1993	672 positions	Framatome

15) 돌(Doel) 1·2·3·4호기와 티안즈(Tihange) 1·2·3호기.

16) National Report, 「SIXTH MEETING OF THE CONTRACTING PARTIES TO THE CONVENTION ON NUCLEAR SAFETY」 (August 2013), p.3.

제 2 장 벨기에의 원자력발전소 안전규제기관

시설	화력 (MWth)	운영 개시	격납건물	증기발생기 교체	핵연료 저장능력	설계자
Doel 4	3,000	1985	Double Containment with inner metallic liner	1997	628 positions	Westing- house
Tihange 1	2,873	1975	Double Containment with inner metallic liner	1995	324 positions + 49 removable positions	Frama- tome / Westing- house
Tihange 2	3,054	1982	Double Containment with inner metallic liner	2001	700 positions	Frama- tome
Tihange 3	2,988	1985	Double Containment with inner metallic liner	1998	820 positions	Westing- house

발전소 허가 이후 시설의 안전성에 대해서는 다양한 절차를 통해 지속적인 관리가 이루어 졌는데, 이 중 가장 중요한 것이 7개 모든 원자력발전소를 대상으로 한 일련의 정기적인 안전점검(periodic safety reviews; PSR)이다. PSR은 시설 운영허가와 함께 부여되며, 현재는 2011년 11월 30일 왕국 칙령(SRNI-2011)에 의해 부과된다. 또한, 중요한 수정을 거친 많은 기타 프로젝트들이 시행되었는데 그 중에서도 모든 발전소의 증기발생기(steam generator)를 교체함으로써 전력 생산이 증가하게 되었다. PSR 이외의 주요 프로젝트에 대한 구체적인 사항은 다음과 같다.

<벨기에의 원자력발전소에 대한 중요 프로젝트 개요>17)

연도	발전소	주요 프로젝트
1993	Doel 3	증기발생기 3대 교체 / 전력 증가
1994	Tihange 2	MOX 연료(혼합핵연료) ¹⁸⁾ 도입
1994	Doel 3	MOX 연료(혼합핵연료) 도입
1994	Tihange 2	전력증가
1995	Tihange 1	증기발생기 3대 교체 / 전력 증가
1996	Doel 4	증기발생기 3대 교체
1998	Tihange 3	증기발생기 3대 교체
1999	Tihange 1	압력기 헤드(pressure vessel head) 교체
2001	Tihange 2	증기발생기 3대 교체 / 전력 증가
2004	Doel 2	증기발생기 2대 교체 / 전력 증가
2009	Doel 1	증기발생기 2대 교체 / 전력 증가

이 밖에도 시설의 안전성 평가를 위한 몇 가지 중요한 프로젝트가 국제적 차원에서 시행되었는데 특히 2007년 Tihange 현장과 2010년 Doel 현장에서 실시되었던 IAEA 운전안전성검토팀(Operational Safety Review Team; OSART)의 미션을 살펴보도록 한다. 벨기에의 모든 발전

17) National Report, 전계보고서(각주16), p.22.

18) MOX(Mixed Oxide Fuel) 연료(혼합핵연료)란, 플루토늄 산화물과 우라늄 산화물을 혼합하여 만든 혼합산화물핵연료(Mixed U and Plu Oxide)를 의미한다. 즉, 플루토늄을 효율적으로 연소시키기 위해 처음부터 플루토늄을 우라늄 연료에 혼합한 것으로 우라늄 연료와 본질적으로 같다. 우라늄의 경우 처음에는 우라늄이 발전에 기여하지만, 시간이 지남에 따라 플루토늄의 기여율이 증가하여 원자력발전소에서 얻는 에너지의 양의 1/3을 담당하게 되는데, MOX연료 역시 핵분열이 진행된 우라늄과 거의 같은 형태로 핵분열을 한다. MOX는 고속증식로(Fast Breeder Reactor; FBR)와 경수로(Light Water Reactor; LWR)의 핵연료로 이용이 가능하다. 고속증식로를 위해서는 플루토늄이 20~30% 농축된 MOX를, 경수로에 대해서는 플루토늄이 5~8% 농축된 MOX를 사용하게 된다.

소는 소위 서유럽원자력규제자협회(Western European Nuclear Regulators' Association; WENRA) Action Plan을 따르고 있는데 이 플랜은 WENRA RHWG(Reactor Harmonization Working Group)의 자체평가 및 벤치마킹 프로젝트의 결과로 나온 것으로 그 결과는 2006년 초에 발표된 바 있으며, 발전소의 운영뿐만 아니라 설계에 관한 사항까지 포함하고 있다. 하술 하는 바와 같이 2003년 1월 원자력 에너지의 단계적 폐지에 관한 법률이 벨기에 의회를 통과하였고, 2012년 7월 정부의 결정으로 Doel 1·2호기는 폐쇄 될 예정에 있다. 반면, Tihange 1호기는 2025년까지 운영이 허용되었는데 Action Plan은 바로 이 Tihange 1호기의 개선을 위한 것으로 원전사업자가 시행하고 FANC와 Bel V가 검토한 자체평가보고서에 기반을 두고 있다. 또한, 원전사업자는 Doel 1·2호기의 운영 종료 및 해체와 폐기에 대한 Action Plan을 개발하여야 한다.

벨기에 원자력발전소의 특성 중 주목할 만한 것은 외부원인에 의한 사고대비 보호수준이 상당히 높다는 것이다. 실제로, 최근에 건설된 발전소 4곳의 경우 허가단계에서부터 비행기(민간 및 군용) 사고, 가스 폭발, 대형화재 및 유독가스의 영향과 같은 외부원인에 의한 사고가 철저히 고려되었으며, 이러한 필수요건은 안전시스템에 있어서 상당한 중복을 야기하였고, 비행기 추락에 대비한 안전시스템의 경우는 이를 견뎌낼 수 있는 병커를 필요로 한다는 점에서 가장 비용이 많이 드는 요소가 되었다. 게다가 폭발가스 및 유독가스 감지시스템은 별도의 환기설비를 이중으로 갖추어야 하는데 이는 제어실(관제실)과 병커 내 시설에 그 같은 가스의 유입을 막기 위한 것이다.

외부 원인에 의한 사고에 대한 강도 높은 보호체계는 경우에 따라 공학적 안전시스템에 있어 더 많은 중복과 다양성을 야기하였다. 예컨대 Tihange 2·3호기와 Doel 3·4호기 발전소는 3개의 독립적인 이중 안전트레인과 외부원인에 의한 사고를 완화하기 위한 3개의 응급 트레인으로 구성된 3개의 순환식 발전소들이다. 이들 안전트레인과

응급트레인이 같은 유형의 사고에 대처하기 위해 설계된 것은 아니지만 (전자는 내부적 원인, 후자는 외부적 원인), 안전성 연구결과에 따르면 응급트레인이 일부 내부적 원인에 의한 사고에서도 매우 유용한 솔루션을 제공할 수 있다고 한다. 이후, 더 오래된 발전소(Doel 1·2호기 및 Tihange 1)의 외부사고 대비 보호태세도 상당히 개선되었는데 무엇보다 전용 벙커시스템을 추가한 것이 주목할 만하다.

후쿠시마-다이치 사고 이후 벨기에의 원전에 대해서도 강도 높은 안전성 테스트가 요구되었는데, Doel과 Tihange 현장의 안전평가보고서는 원전사업자가 작성하고 FANC와 Bel V 및 외부 전문가가 이를 검토하였다. 또한, Action Plan이 개발되었으며, 시설에 대한 다양한 개선이 이루어졌거나 시행 중에 있고, 이러한 개선과 그 시행을 감독하기 위해 Doel과 Tihange에 특별조사가 이루어 졌다. 가장 중요한 것 중 하나는 외부 침수에 대비한 Tihange 원전의 보호체계를 강화하는 것이다. 결론적으로 정기적인 안전점검과 더불어 영구적인 현장 감독 및 사찰을 통해 그 동안의 운영경험에 대한 성찰과 이를 개선하기 위한 규제 및 관행의 변화를 이끌어 냄으로써 시설의 안전을 유지해야 할 것이며 특히, 시설의 노후화를 체계적으로 관리·조사하여야 한다.

II. 연구용 원자로(Research Reactors)¹⁹⁾

벨기에에는 과거 원자력연구센터(SCK·CEN)에 5개, 겐트(Gent)대학에 1개 등 총 6개의 연구용 원자로를 운영하다가 현재는 3개만을 운영하고 있는데 본 보고서는 이 중 BR1과 BR2 연구용 원자로에 대하여 기술하기로 한다. 이를 제외한 기타 연구용 원자로는 다음과 같다.²⁰⁾

19) 벨기에의 연구용 원자로 현황에 관한 본 보고서의 내용은 National Report, 전계 보고서(각주16), pp.23~25의 내용 중 그 전부 또는 일부를 저자가 번역한 것임.

20) National Report, 전계보고서(각주16), 23면.

- VENUS: 주로 원자력 산정코드를 입증하기 위한 실험에 사용되었는데, 2008년과 2009년에 주요점검이 시행되어 외부 중성자원과 고속 프렉트럼 원자로 노심 간의 연결을 연구하는 실험이 실시되었다. 이 노심은 우라늄과 납으로 구성되어 삼중수소 타겟(tritium target)과 중수소 가속기(deuterium accelerator)로 중성자원을 생산하였다. 본 연구는 가속기 구동시스템의 실행가능성을 타진하기 위한 실험의 일부였다.
- BR2: BR2의 모델로서 BR2 원자로 노심배열 연구에 사용되었는데 1980년대 이후 더 유용한 산정방법이 가능해 짐에 따라 90년대 초에 해체되었다.
- BR3: 약 12 메가와트(MW) 전력의 가압수형 원자로(pressurized water reactor; PWR)로서 초창기에는 빛과 중수의 혼합을 이용해 스펙트럴 시프트형 원자로(spectral shift reactor)로 사용되었으며, 이후 혼합핵 연료(MOX)와 가돌리늄(gadolinium) 연료의 테스트에 사용되었다. BR3는 1989년에 완전히 폐쇄되었지만, 그 후 원자력 원자로 해체의 시범사업으로서 현재까지 해체작업이 진행 중이다.
- THETIS: 겐트(Gent)대학이 운영하던 250 킬로와트(kW) 화력의 소형 풀(pool) 타입 연구용 원자로로 주로 중성자 활성화실험에 사용되었다. THETIS 역시 1999년에 완전 폐쇄되어 현재 해체가 진행 중이다.

후쿠시마 사고 이후 SCK·CEN은 원자력발전소 뿐만 아니라 연구용 원자로에 대해서도 안전성 테스트를 실시해야 했는데 운영 중인 연구용 원자로에 대한 안전평가보고서는 시설운영자가 작성하고, FANC와 Bel V의 검토를 받았다.²¹⁾

21) National Report, 전계보고서(각주16), 23~24면.

1. BR1

BR1은 천연 우라늄 흑연 감속형 원자로(natural uranium graphite moderated reactor)로서 미국의 ORNL X-10 및 영국의 BEPO 원자로에 비견된다. 이는 1956년에 처음으로 그 중요성이 부각되었는데 노심은 흑연 블록과일로 구성되어 7m의 가로보가 있는 큐브를 형성하고 있다. 원자로는 공기냉각식이며, 연료는 알루미늄 피복의 금속성 천연 우라늄으로 4 메가와트(MW)의 설계화력을 가지고 있다. 그러나 BR2 가동 이후로는 이러한 고출력이 더 이상 필요하지 않게 되었고, 1963년 이후 보조 환기시스템만을 이용하여 최대 화력 1 메가와트(MW)로 운영되었다. BR1은 중성자 스펙트럼의 열중성자화에 효율적이어서 중성자 활성화 분석 및 장치 교정과 같은 중성자 연구에 주로 사용되었다. 가동 이후 원자로 자체에 주요한 변화는 이루어지지 않았고 최초의 연료가 여전히 쓰이고 있으며, 이는 원자로의 수명을 훨씬 초과하여 사용될 수 있다. 고출력 운영시기 이후인 1963년에 연료는 더 이상 충전되지 않았고, 흑연 매트릭스를 가열해 위그너(Wigner) 에너지를 방출시켰다. 실제 운영에 있어서는 보조 환기장치만을 이용하여 흑연 온도가 고속 중성자와 비교해 상대적으로 높아서 위그너(Wigner) 에너지는 여전히 감소한다.²²⁾

2. BR2

BR2는 불균질 열적 고방출 테스트 원자로(heterogeneous thermal high flux test reactor)로 1957년 미국의 NDA(Nuclear Development Corporation of America)가 SCK·CEN에 설계해 준 것이다. 이는 SCK·CEN의 몰(Mol) 부지에 위치해 있으며, 1961년에 준공되어 1963년 1월에 첫 가동

22) National Report, 전계보고서(각주16), 24면.

되었다. 고농축 우라늄이 포함된 원자로는 베릴륨 매트릭스(beryllium matrix)가 반영된 노심에서 가압경수(pressurised light water)에 의해 냉각되고 감속된다. 최대 열방출은 10^{15} neutrons/(cm².s)에 근접하며, 최종 냉각력은 처음 50 메가와트(MW)로 예상되었다가 1971년 주요 열교환기 교체로 125 메가와트(MW)까지 증가하였다. 원자로는 본래 물질 및 연료 테스트를 위해 설계되었는데 PWR(가압수형 원자로) 조건 하에서 방사(irradiation) 시험용 루프가 이용되며, 이 외에도 최근 들어 Mo-99, Ir-192 등 동위원소의 생산도 중요한 활동이 되고 있다.

베릴륨 매트릭스는 헬륨과 트리튬(tritium) 같은 가스의 형성으로 인해 중성자 방사로 팽창하는데 이러한 팽창은 불안정한 물질인 베릴륨의 균열을 야기하고, 헬륨-3 동위원소의 형성은 중성자 독성을 유발하게 되는데 이 같은 효과 때문에 베릴륨 매트릭스의 수명이 제한받게 된다. 따라서 1979년과 1996년에 각각 대체물이 등장하게 되었고 특히, 후자에는 BR02의 베릴륨 블록이 사용되었다. 또한, 원자로가 가동되는 동안 지속적인 현대화 프로젝트가 시행되어서 핵계측장치, 非핵계측장치 및 압축 공기공급기와 같은 다양한 시스템들이 대폭 교체되었고 베릴륨 매트릭스의 교체에 즈음해서는 전반적인 정비프로그램이 시행되었다. 즉, 원자로 용기에 대한 검사뿐만 아니라 용기 follow-up 프로그램이 시행되었고, 여기에는 물질샘플의 방사도 포함되었다. 2010년에는 수명이 다한 카드뮴 제어봉(cadmium control rod)이 하프늄(hafnium) 봉으로 교체되었고 우라늄 폴리브덴 연료판을 사용하여 고농축 우라늄에서 저농축 연료로의 전환을 위한 방사테스트가 실시되었다.²³⁾

일반적으로 원자력 안전규제기관은 해당 임무를 수행하기 위한 법적 권한, 기술적 역량, 재정 자원을 가지고 있으며, 독립성·기술적 역량·투명성·효율성·명확성 및 신뢰성을 포함하는 이른바 “좋은 규제(good regulation)”의 원칙을 고수한다. 따라서 규제기관의 일반적

23) National Report, 전계보고서(각주16), 24~25면.

의무는 다음과 같다. 첫째, 적절하고 포괄적이며 건전한 안전요건과 가이드라인을 마련하고 법제화한다. 둘째, 이러한 법규의 준수여부를 확인한다. 셋째, 적절한 시정조치를 부과함으로써 제정된 법규를 집행한다. 원전을 가동하는 모든 국가에서는 기본적으로 독립적인 원자력 규제기관을 설치하여 규제 검토 및 통제를 실시하고 있으며, 이러한 규제기관이 원자력 시설에 대한 라이선스 허가 및 관련 법규의 집행에 대한 책임을 지도록 하고 있다.²⁴⁾ 규제기관의 일반적인 업무는 다음과 같다. 첫째, 적절한 규제요건과 안전표준을 마련하고 이행한다. 둘째, 안전요건에 바탕으로 하여 원전의 설계를 평가하고 부지 선정, 건설 및 가동을 위한 라이선스를 발급한다. 셋째, 원전사업자(허가취득자)의 안전 관련 이행 사항을 검사·감독·검토한다. 넷째, 규제요건의 준수여부를 검증한다. 마지막으로 규제요건과 상충되는 점 또는 공중 보건과 환경에 영향을 줄 수 있는 기타 안전 우려사항을 해결하기 위한 조치 및 감독을 이행한다.²⁵⁾

벨기에에서는 2001년 9월 1일 이후, 원자력 활동의 감독은 안전 당국인 연방원자력통제청(FANC)이 담당해 오고 있다. 해당 임무는 1994년 4월 15일 법률에 의해 부여되고 있으며, 동법 제14조 및 제28조에 의하여 FANC는 해당 임무수행을 돕기 위해 설립된 법인이나 보건(health)·물리(physics)·통제(control) 관련 공인기관에 지원을 요청할 수 있다. 또한, FANC와 원자력 시설에 대한 규제기관으로서 FANC의 하위 조직인 Bel V(2007년 9월 설립)는 동 조항에 따라 벨기에 법상의 ‘재단(foundation)’에 관한 규정에 의하여 보조금을 이용할 수 있다. Bel V는 FANC가 법적으로 위임할 수 있는 규제 임무를 수행할 권한이 있는바 FANC는 현장의 정기사찰에 관한 임무 등을 위임하고 있으며, 연구용 원자로를 포함한 기타 I 등급 시설도 Bel V에 의하여 유

24) 박우영·이상립, 전계보고서(각주1), 18면.

25) 박우영·이상립, 전계보고서(각주1), 18면.

사한 방식으로 통제된다. Bel V의 직원은 이전의 공인 사찰기관 (Authorized Inspection Organisation)인 Association Vinçotte Nuclear(AVN)의 전문가들로 구성되며, 이들이 2008년 4월부터 모든 규제 활동을 수행하고 있는데 여기에는 AVN이 수행했던 감시활동이 포함된다.

벨기에의 원자력발전소 안전규제는 이들 기관을 중심으로 한 3 단계의 통제구조(control structure)로 이루어져 있는데, (1) 원전사업자(허가취득자)의 보건물리부서(Health Physics Department)에 의해서, 이후 (2) FANC의 위임을 받아 다양한 사찰과 규제임무를 수행하는 Bel V에 의해서, 그리고 마지막으로 (3) 안전 당국(Safety Authority)에 의해서 구현된다.

제 2 절 규제기관의 기능

GRR-2001은 I 등급 원자력 시설(원자력발전소 및 연구용 원자로 포함)에 대한 허가권자가 국왕임을 명시하고 있고, FANC이 수행해야 하는 다양한 임무를 규정하고 있는데 FANC는 I 등급 시설에 대한 감독을 수행하는데 있어서 Bel V에 업무를 위임할 수 있다. 이러한 방식으로 원자력 시설에 대한 감독(supervision) 및 운영 사찰(operating inspection) 등 규제 업무는 2가지 단계로 수행된다.

I. 규제 및 감독 단계

FANC는 관련 규제의 최신화(update), 유럽 지침(European Directives) 및 국제 조약(international treaties)의 반영과 규제의 내적 일관성 유지를 담당하며 이와 같은 취지로 감독관청인 내무부에 제안을 한다. 운영시설의 일반적 감독의 경우, FANC와 Bel V는 규제 기관 및 운영시설의 대표로 구성되는 ‘연락위원회(Contact Committee)’ 회의를 통해 시설의 운영 이슈와 프로젝트에 대한 정보를 얻으며 동 위원회는 평

균 1년에 2회 열린다. 또한, 규제기관은 각 노심의 연료 재충전 기간 말미에 체계적인 통제회의(control meeting)를 갖고 폐쇄기간 동안의 활동과 결과를 평가하며, 불시 점검도 이루어진다. 연료조합의 변형이나 운송 컨테이너의 오염 등 심대한 운영상의 문제가 있는 경우나 국제 운영경험반영(Operational Experience Feedback; OEF) 등에서 안전과 관련된 이슈를 제기하는 경우에는 기술적 문제를 판단하고 그에 대한 개선 조치를 강구하기 위하여 규제 기관과 운영자 간의 특별회의가 열리며, 이러한 절차를 통해 해당 조치가 안전당국(Safety Authority)의 승인을 받게 된다. 또한, 운영자가 Bel V의 기술적 요구가 비합리적이라고 판단하는 경우 FANC는 중재자로서의 역할도 하게 되는데 이 경우 FANC는 다양한 기술적 관점에서의 의견을 듣고 최종적으로 필요사항을 결정한다.

II. 구체적인 기술 분석(technical analysis) 및 운영자에 대한 영구 감독(permanent supervision) 단계

원자력발전소의 수정(정정)허가가 신청되는 경우, Bel V는 신청자가 제출한 안전보고서(Safety Report)를 검토하여야 하며, 그 결과를 FANC에 제출하여야 한다. FANC는 이 같은 안전검토를 통해 과학위원회가 권고할 수 있는 추가적인 운영조건을 제안할 수도 있는데 이 경우, 해당 운영조건은 칙령에 따라 허가의 일부분을 구성하게 된다. FANC와 Bel V는 안전검토 내용과 법적 관점을 과학위원회에 제시하는데 여기에는 운영상의 추가조건도 포함된다. 이에 과학위원회가 유용하다고 판단하는 경우에는 원전사업자(허가취득자)는 과학위원회에 특정 정보를 제공하여야 하고 질의에 답변하여야 한다. 원전설비가 본격적인 운영에 들어가기 전에 해당 설비가 GRR-2001 제6.9조가 정하는 완전한 운송요건 즉, 기존의 규제와 허가 및 안전분석보고서의 준수 여부에 대한 철저한 검증의 대상인 경우, 초기 허가(initial license)는 두

번째 칙령(GRR-2001 제6조)에 따라 이루어진다. 해당 운송 사찰 및 준수 점검은 FANC를 대신해 Bel V가 수행한다.

원자력 시설의 운영자는 해당 시설을 운영하는 동안 보건물리부서(HPD)를 두어 원자력 안전성과 방사성 물질 보호를 감독하고 HPD의 수행실적은 영구적으로 Bel V가 감독한다(GRR-2001 제23조). 이러한 영구적 감독은 실제 규정된 사찰대상(운영, 정기적 테스트, 화학적 통제, 방사성 물질 보호 등)에 대한 체계적이고 정기적인 사찰과 후속 사찰(follow-up inspection), 수정사항 검토 및 사고 분석과 같은 특정 항목으로 구성되며, 사찰보고서(inspection report)는 각각의 방문 이후에 작성된다. Bel V의 원자력발전소에 대한 사찰보고서는 시스템에 따라 FANC에 전달되며, 각 노심의 연료 재충전 이후, Bel V는 새로운 배열상태가 적절한지와 시운전시험(start-up test)의 후속조치를 검증하고 그 결과를 평가하며, 운송보고서(delivery report)를 통해 명목 출력(nominal power)을 운영을 승인한다. 시설에 대한 모든 수정(변경)사항이 Bel V에 통지되지만, Bel V와 FANC는 안전 관련 수정사항만을 대상으로 후속조치를 취하게 된다. 전력의 증가, 혼합핵연료(MOX)의 사용 또는 증기발생기(steam generator)의 교체 등과 같은 중요한 수정(변경)사항은 FANC의 감정에 따라 초기 허가(initial license)와 유사한 절차가 필요할 수 있고, 새로운 칙령에 의해 이러한 초기 허가의 수정에 제재가 가해질 수도 있다. 상대적으로 덜 중요한 수정(변경)사항은 원전사업자(허가취득자) 자체의 보건물리부서(HPD)의 감독에 따라 원전사업자가 시행한다. Bel V는 해당 시설의 HPD가 제안한 수정사항에 대한 최종 승인을 담당하며, 안전분석보고서(Safety Analysis Report)는 이에 따라 최신화(update)된다.

제 3 절 규제기관의 권한

Bel V는 FANC로부터 위임을 받아 원자력 시설의 운영자가 규제사항 및 허가에 부가된 조건을 준수하는지 여부에 대하여 지속적으로 감독한다. 방문사찰의 결과는 Bel V 보고서에 기재되며 운영자에게 전달되는데 이후, 운영자는 필요한 정정(개선)조치를 이행한다. 이 단계에서 Bel V는 권고 권한만을 갖지만, 운영자가 허가조건을 위반하거나 정정(개선) 권고사항에 대하여 이를 이행하지 않는 경우 또는 시설의 운영이 안전하지 않은 상황으로 발전되는 경우, FANC에 보고되고 이후 FANC는 허가 유예(suspension)나 철회(withdrawal)를 제안할 수 있다(GRR-2001 제16조).

FANC의 조사관은 법률적으로 검찰 산하의 경찰관으로서의 지위를 가지며 집행권도 있고, Bel V 조사관의 요청이 있는 경우 당해 사찰에 개입할 수도 있다. 또한, 이들은 근로자 및 대중과 환경의 위험을 감소시키거나 제거하는데 필요하다고 여겨지는 어떠한 조치도 취할 수 있는데 여기에는 경고(warning)와 시정조치(corrective action)가 있고, 해당 시정조치는 6개월을 초과하여 지체되어서는 안 된다(1994년 4월 15일 법률 제9조). 안전 강화를 위한 또 다른 가능성은 GRR-2001 제 13조에서 살펴볼 수 있다. 즉, 안전 당국(Safety Authority; 과학위원회 또는 감독 관련 FANC의 서비스)은 안전 개선을 위한 목적으로 언제든지 시기에 제한 없이 자체 발의로써 허가에 추가조건을 포함시키도록 제안할 수 있다.

제 4 절 규제기관의 구조

I. 안전 당국(Safety Authority)

연방원자력통제청(FANC)은 법인격을 가진 독립적인 공공기관으로서 14명의 이사로 구성된 이사회에 의해 운영된다. 이사회 이사는 특정한 과학적·전문적 자격요건을 기준으로 연방정부가 임명하며, 이들의 독립성을 보장하기 위해 그 권한은 원자력 부문과 기타 공공부문에 있어서의 책임사항과 양립하지 않는다. 동 기관은 이사회에 참석하는 정부위원(government Commissioner)들을 통해 연방 내무부의 감독을 받고, 이사회는 FANC의 일상적인 관리를 청장(General Manager)에게 위임한다. 상술한 바와 같이 FANC는 해당 임무를 수행하기 위하여 과학위원회(Scientific Council; 1994년 4월 15일 법 제37조에 의해 설립)의 지원을 받는데 그 구성 및 권한은 칙령으로 정하며, 원자력 에너지 및 안전, 방사성 물질 보호에 관한 전문가들로 구성된다. FANC는 허가(granting)·거절(refusal)·수정(변경)(modification)·유예(suspension) 및 철회(withdrawal)와 같은 일방적 행정처분(관련 운영자들의 동의가 필요 없는)을 통해 원자력 운영자들에 대한 권한을 행사하며, 허가에 부가된 조건의 준수 및 허가사항을 검증하기 위한 사찰을 시행하고 형식에 구애 없이 감독 대상 시설 및 업체에 대하여 서류를 요구할 수 있다. FANC의 결정에 대한 위반에 대하여 행정적·형사적 제재가 따르는 것은 물론이다.

FANC의 재정은 전적으로 그리고 직접적으로 해당 청이 서비스를 제공하는 업체, 기관 및 개인을 통해 운영되는데 구체적으로는 수수료 및 허가신청자와 원전사업자(허가취득자)가 부담하는 세금(annual tax)으로 충당된다. 세액은 1994년 4월 15일 법률 제30조가 정하고 있으며, 수수료액은 칙령이 정하고 있다. 상술한 법령은 FANC에 필수적

인 독립성을 부여하여 FANC가 원자력 활동의 규제기관으로서 공정하게 그 책임을 수행할 수 있도록 하고 있다.²⁶⁾ 또한, FANC는 이사회 내에 특정 결정을 위해 감사위원회(Audit Committee)와 전략위원회(Strategy Committee)를 두고 있으며, 청장 산하에 (1) 규제, 국제 업무 및 개발 부서(Department of Regulation, International Affairs and Development), (2) 시설 및 폐기물 부서(Department of Facilities and Waste), (3) 보안 및 운송 부서(Department of Security and Transport), (4) 보건 및 환경 부서(Department of Health and Environment), (5) 지원 부서(Department of Support) 등과 같은 5개의 부서를 두고 있다. 이러한 FANC의 조직은 1994년 4월 15일 법률에 따른 것으로 특히 규제개발 업무와 감독업무가 독립적으로 수행되어야 함을 강조하고 있는 제43조를 반영한 것이다. FANC의 개괄적인 조직은 다음과 같다.

<FANC의 조직 체계>



26) 상세한 사항은 www.fanc.fgov.be 참조.

규제, 국제 업무 및 개발 부서는 다음의 업무를 담당한다.

- 규제 개발
- 원자력 안전 및 대중의 방사성 물질 보호 개선을 위해 필요한 모든 분야의 R&D 활성화, 지원 및 수행
- 고차원적인 지식의 관리, 유지 및 개발
- FANC의 프로젝트에 대한 협조
- 국제 업무
- 여러 부서 간의 협업 필요 활동(수평적 활동)

시설 및 폐기물 부서의 임무에는 원자력 산업시설, 방사능 폐기물 관리, 보건물리통제 전문가의 공인과 보건물리통제 공인기관(Authorized Inspection Organisation; 공인사찰기관)에 대한 감독 등이 있다.

- 첫 번째 임무는 재고(inventory)와 허가 신청의 분석 및 평가이다. 이는 이온화 방사능이 안전하게 사용될 수 있기 때문에 허가를 승인한다는 절차의 전제가 되는 업무이다.
- 두 번째 임무는 시설의 활동이 허가나 허가에 부가된 조건 및 관련 규제를 준수하고 있는지 여부에 대한 통제와 사찰 및 조사에 관한 것이다. 또한, 동 부서는 승인 없이 이루어진 모든 불법 활동을 추적해야 하는데, 이 두 임무 간의 시너지는 (1) 일반적인 안전과 (2) 이온화 방사능 위험으로부터 근로자, 대중 및 환경의 보호를 개선하는 데에 주된 목적이 있다.
- 세 번째 임무는 수명이 짧은 낮은 단계 및 중간 단계의 방사능 폐기물의 표면 처리용 시설 허가 뿐 아니라 다른 범주의 방사능 폐기물 처리, 장래 높은 단계 및 수명이 긴 방사능 폐기물의 지질학적 처리 가능성에 대한 규제체계에의 기여에 관한 것이다.

보안 및 운송 부서는 원자력 물질의 물리적 보호, 방사능 물질의 운송·수입·수송 및 수출 규제를 담당한다. 또한, 여기에는 허가된 활동과 특정 활동에 대한 감시가 정보교환의 최적화와 효율적인 규제 정책의 확립을 목적으로 하는 동일한 핵심 원칙으로 통합되어 있어야 한다.

보건 및 환경 부서는 인간과 환경에 관련된 활동을 담당한다. 즉, 해당 부서는 자연적 방사능 원료, 영토에 대한 방사성 물질 감시, 국가 원자력 비상사태 계획 및 오염 지역의 방역·회복과 같은 모든 분야에서 대중, 근로자 및 환경 보호를 그 목적으로 한다.

현재 FANC에는 약 150여 명의 직원이 있으며 이들 중 60% 이상이 과학 분야(물리학·화학·생물학·의학 등) 및 공학, 법학, 경제학, 사회과학 및 커뮤니케이션 등 각기 다른 분야의 전공자들이다.

II. Bel V의 조직체계

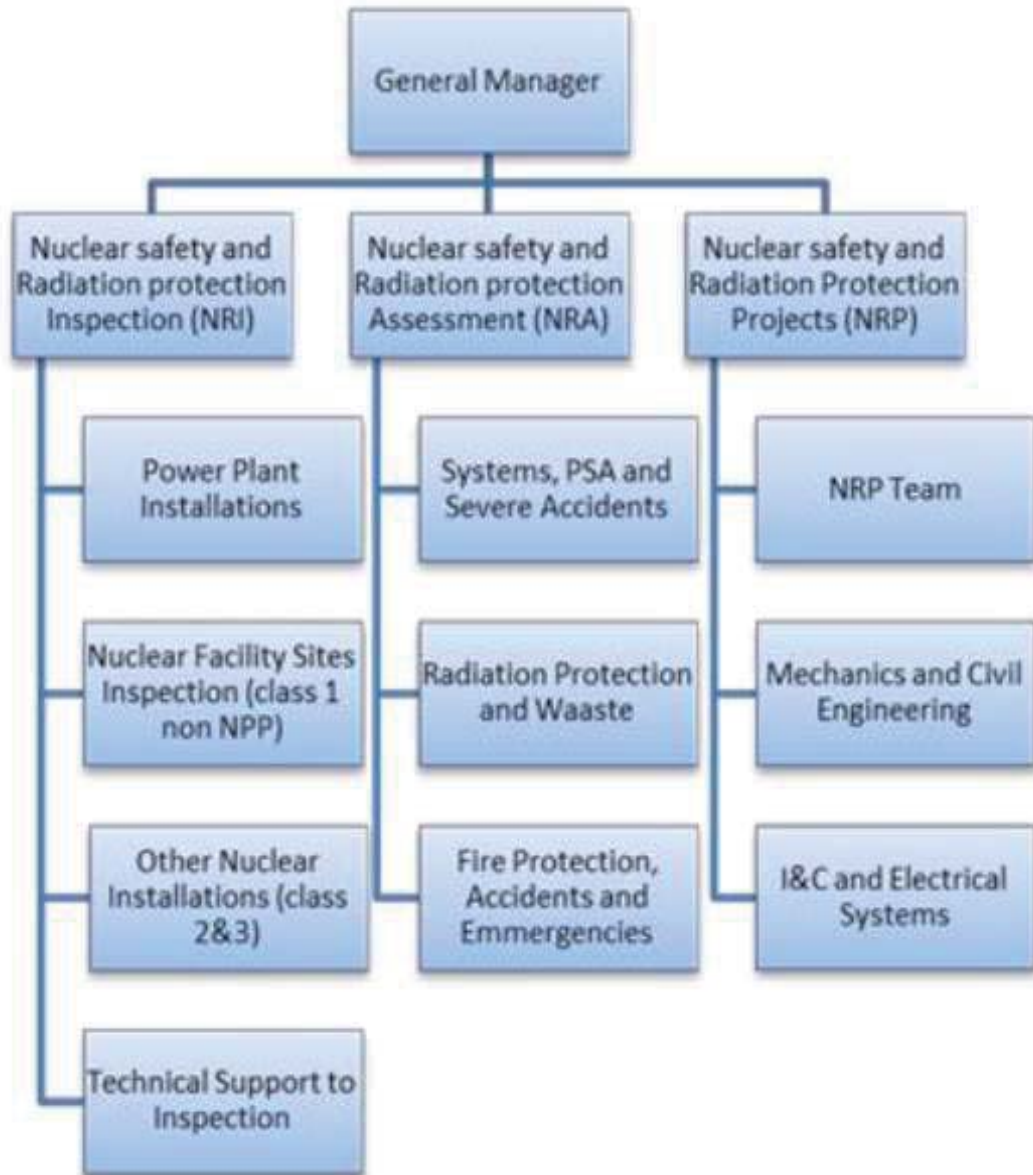
Bel V는 FANC가 설립한 비영리재단으로서 GRR-2001 제73조에 따른 공인전문가들과 함께 그 임무를 수행하여야 하는데 해당 전문가가 I 등급 공인전문가 자격을 받기 위해서는 적어도 3년 이상의 원자력 분야 경험이 있어야 한다. Bel V의 직원훈련 예산은 전체 예산의 약 10%에 이른다. 2006년 말, ISO 인증의 관점에서 조직체계에 대한 개선절차가 이루어졌는데 이 중 안전과 관련된 가장 중요한 절차는 다음과 같다.

- 프로젝트 및 업무의 관리(안전 평가 및 사찰 프로젝트의 관리)
- 운영 중 사찰의 수행
- 전문 서비스의 제공 및 관리(안전 평가활동의 수행)
- 전문성과 기술력의 관리
- 인적 자원(human resources)의 관리 및 개발

이러한 절차는 해당 절차를 수행하기 위한 활동 목표의 실현을 담당하는 이사들(directors)이 관리한다.

Bel V의 기술 인력은 70명(2012년 7월 31일 현재 65명은 full-time)의 대학 졸업자들(엔지니어와 과학자들)로 구성되며 업무량의 예측에 따라 모집절차가 진행된다. 업무량은 시설 사찰과 관련하여 주어진 업무뿐만 아니라 원전사업자(허가취득자)의 프로젝트 사찰 및 시험안전평가, 벨기에 및 해외(Barseback, Forsmark, Fukushima Daiichi 등)의 시설 내 사고평가 및 특정 안전 문제 등과 관련된 가변적인 업무로 구성된다. Bel V가 수행한 사찰과 분석의 비용은 실제 근무시간을 토대로 하여 시설운영자에게 청구되는데 이러한 시스템은 미국원자력규제위원회(US Nuclear Regulatory Commission; USNRC)의 신청과 유사한 것으로 해당 청구는 각각의 설비에 드는 설치비용에 더하여 관련 문제의 해결을 위해 실제로 소요된 시간에 따라 그 비용을 운영업체에 청구하는 방식이다. Bel V 전문가의 시간 당 비용은 칙령이 정하고 있다. 또한, Bel V는 비영리기관이기 때문에 그 재정은 직원들의 급여 및 관련 비용, 국가 또는 국제 워킹그룹의 참여, 직원 훈련, R&D 활동 및 기술적·규제적 문서의 관리와 유지에 사용된다.

<Bel V의 조직 체계>



III. Bel V의 기술적 활동(technical activities)

Bel V의 기술 담당 직원들은 3개 부서로 이루어진 계층구조 외에 어느 부서의 계층에 속해 있던 ‘기술책임센터(Technical Responsibility Centers; TRCs)’의 수평적(horizontal) 조직에 속하게 되며 원자력 및 안전 관련 전문지식을 활용하고 다양한 기술적 전문지식을 습득·유지한다. 2006년 말부터 Bel V의 직원들은 상술한 운영 과정상의 기술적 활동을 수행해 왔는데 모든 TRC의 관리는 ‘전문 서비스의 제공 및 관리(Provide and Manage Expert Services)’ 과정 내에서 수행되며 해당 과정을 보다 효율적이고 조화롭게 지원하기 위하여 담당 이사(director)가 이를 관리한다. ‘운영 중 사찰의 수행(Perform Inspection during Operation)’ 과정은 Bel V가 감독하는 모든 원자력 시설에 대한 사찰을 담당하고 있다. 원자력발전소의 경우, Bel V의 기술인력 1명이 개별 원자력 시설 1곳을 담당하게 된다. 따라서 Doel은 3면의 엔지니어가 맡게 되고, Doel 1과 Doel 2의 쌍둥이 시설(twin units)은 하나의 시설로 간주되며, Tihange에는 3명의 기술 인력이 할당된다. 또한, 관리 담당 직원은 현장 전체의 공통적 문제를 검토하며, 현장 간 문제해결 방식의 일관성을 감독하고 벨기에 내 모든 원자력 시설 간의 경험적 피드백(experience feedback)을 확보한다. 이 과정에서 수행되는 활동에는 원자력발전소 이외의 시설에 대한 사찰도 포함되기 때문에 대학이나 병원 등 자체 보건물리부서(HPD)를 가지고 있는 기타 I·II·III 등급 시설도 여기에 해당한다.

해당 시설의 운영과 관련된 모든 국내·국제 프로젝트의 후속조치(follow-up)는 ‘프로젝트 및 업무의 관리(Manage the Projects/Missions)’ 과정에서 수행된다. 예컨대 국가적 차원에서 이루어지는 유럽의 ‘스트레스 테스트(stress test)’, 정기안전점검(Periodic Safety Review; PSR), MYRRHA(Multi-purpose hybrid Research Reactor for High-tech Application)

가속구동시스템 상의 사전 허가절차(pre-licensing process), 전력의 증가 및 증기발생기(steam generator)의 교체 등이 그것이다. 또한, 국제적 차원에서는 유럽 연합 이외의 여러 국가의 안전 당국과의 협조(양자간 원조(bilateral aid) 또는 유럽위원회(EC)의 INSC(Internal Nuclear Societies Council) 협약 등)를 긴밀히 유지하는 것이다. 정기안전점검(PSR) 체제에서 Bel V는 국제적인 안전평가 기준(미국, 유럽연합국가 및 IAEA 등)의 개선사항을 반영하며 새로운 안전 기준을 준수해야 할 원전사업자(허가취득자)를 검토한다.

안전평가는 ‘전문 서비스의 제공 및 관리(Provide and Manage Expert Services)’ 과정의 일환으로 수행되는데 여기에는 사찰 활동, 주요 수정(변경)사항의 분석뿐만 아니라 모든 원자력발전소에 유용한 일반적 연구, 특정 시설을 위해 특별히 개발되었지만 동일한 분석방법을 적용할 수 있는 확률론적 안전평가(probabilistic safety assessment), 심각한 사고발생 시의 관리, 원자로의 안전요건 및 방사능 폐기물 처리에 관한 안전 분석 등과 같은 일반적 성격의 분석 지원 등이 포함된다. 이 과정은 또한, 국가 비상사태에 대비한 계획체계의 관점에서의 Bel V 활동을 포함하는데, 벨기에의 원자력 시설(원자력발전소 및 기타 시설)과 관련된 비상사태 계획 훈련뿐만 아니라 벨기에 국경 근처에 위치한 외국 원자력발전소의 훈련 참여도 포함되며, 이는 양자간 또는 국제적 협조로 이루어진다.

Bel V가 수행하는 연구 개발활동(유럽위원회가 지원하는 프로그램에 참여하는 등 국제적 프로젝트, 양자간 및 자체적 Bel V 개발활동 등)은 ‘전문성과 기술력의 관리(Management of Expertise and Technical Quality)’ 과정의 체계에 따라 이루어진다. 이를 위해 Bel V는 자체 전문가들과 함께, 또는 예외적으로 대학이나 연구센터 등의 외부 전문가로부터 서비스를 요청하기도 한다. Bel V의 외부 전문가 요청 사례는 BR2 원자로의 알루미늄 원자로 용기의 중성자 노화 평가 및 최

근 Doel 3와 Tihange 2 원자로의 원자로 압력용기 결함 문제에 관한 것이었다.

제 5 절 규제기관의 정부조직상 지위

안전 당국(Safety Authority)인 FANC는 공익을 위한 기관으로서 원자력 안전과 관련된 광범위한 재량과 독립성을 가지며 감독 기관인 내무부장관(Minister of Home Affairs)에 보고한다. 또한, FANC는 대중과의 소통의무도 부담하고 있는바 정부나 국회 및 기타 기관으로부터의 정보 요구 또는 질문에 대하여 대응하여야 하며, 매년 그 활동보고서를 국회에 제출하여야 한다. Bel V는 FANC가 설립한 비영리재단으로서 분기보고서(quarterly report)를 작성하고 이사회에 제출할 연례활동보고서(annual activity report) 발행하는데, 이 연례보고서는 FANC의 연례보고서에 포함되어 국회에 제출된다.

제 6 절 연방원자력통제청(FANC)과 Bel V와의 관계

FANC와 Bel V 간에는 관리협약(Management Agreement)이 체결되어 있는데 그 주요 내용은 다음과 같다.

I. 운영 및 전략적 목적

Bel V는 FANC를 대신하여(FANC의 위임을 받아) 다음과 같은 규제활동을 담당한다.

- 현장에 대한 규제적 사찰 및 통제

통합적 사찰 및 통제 전략은 FANC와 Bel V가 함께 개발하며 3년 간의 프로그램이 규정되어 있고, 이를 원전사업자(허가취득자)와 소통

한다. 사찰 및 통제를 위한 연간 계획은 동 프로그램을 바탕으로 수립되고 프로그램의 수정은 매년 전 년도의 경험적 피드백을 고려하여 검토된다.

- Bel V의 연간 통제 프로그램(annual control programme)은 FANC가 승인한다.
- Bel V는 원전사업자(허가취득자)의 보건물리부서(HPD)의 업무의 적절성을 감시한다.
- Bel V는 그 감독 하에 있는 다양한 시설의 특성에 맞춰 사찰 방식과 평가 과정을 수립한다.
- Bel V는 FANC에 사찰 내용을 보고한다. 특히, 대중, 근로자 및 환경에 영향을 줄 수 있는 상황은 어떠한 것이든 즉시 FANC에 보고하여야 한다.
- Bel V는 매년 통제 하에 있는 시설의 안전성을 평가하고, 수행한 통제 활동을 통해 얻은 교훈을 작성한다.

● 새로운 설비의 운송

Bel V는 새로운 또는 수정된(변경된) 원자력 설비의 운송을 감독하며 승인보고서는 FANC에 제출된다.

● 안전평가 및 환경영향평가

- Bel V는 감독하는 시설의 안전 분석(safety analysis)을 검토한다.
- Bel V는 설비에 대한 정기안전점검(PSR)을 통해 원전사업자(허가취득자)가 제출한 안전 분석을 검증한다.
- Bel V는 안전 점검 결과는 FANC의 과학위원회에 제출한다.

● 비상사태에 대한 대비 및 대응

- Bel V는 비상사태 계획 및 대응과 관련된 기술적 및 방사성 물질 평가에 있어서 FANC와 협조한다.

○ 특히, FANC는 내부위기센터(Internal Crisis Center)를 설치·운영하여야 하며, Bel V와 함께 비상상황 동안 직원 채용 및 재원의 할당을 위한 절차를 수립하여야 한다.

● 원자력 시설의 보안

Bel V는 FANC의 요청에 따라 보안 계획(security plan)을 검토하고 관련 현장을 사찰하며, 보안 계획의 수정사항에 대한 평가도 담당한다.

II. 수평적 협조사항

Bel V와 FANC 간의 협조사항은 다음과 같다.

● 규제 개선을 위한 노력

Bel V와 FANC는 규제의 적용 및 해석에 있어서 뿐만 아니라 그 공백과 흠결을 개선하고 새로운 규제를 제안하는 데 있어서도 서로 협력하여야 한다.

● 국제적 협력

Bel V와 FANC는 국제적인 다자간 또는 양자간 활동에 있어서 체계적인 방식으로 협력하여야 한다. 특히, 국제원자력안전협약(Convention on Nuclear Safety; CNS)과 폐연료 관리의 안전 및 방사성 물질 폐기물 관리의 안전에 관한 합동 협약(Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management)인 서유럽원자력규제자협회(Western European Nuclear Regulators' Association; WENRA)의 체제에 따른다.

● 연구 개발(R&D) 분야

연구 개발에 있어서도 Bel V와 FANC는 상호보완적으로 협력하여 연구의 시너지를 극대화하고 그 결과를 공유하여야 한다.

● 또한, Bel V와 FANC는 지식의 관리, 개선 및 개발 분야에서도 서로 협력하여야 한다.

Ⅲ. Bel V의 재원 조달

Bel V는 비영리 기관으로서 FANC와 Bel V가 현장에서 수행한 통제 및 안전 평가에 대하여 원전사업자(허가취득자)가 미리 정해진 시간당 요율에 따라 지불하는 비용으로 재원이 충당된다. (시간당 요율은 칙령이 정하고 있다.)

이 같은 Bel V와 FANC 간의 관리 협약은 3년을 주기로 만료되고, 각 기간의 만료 시 묵시적으로 갱신되는데, 그 과정에서 경험적 피드백, 향후 필요성 또는 업무의 기능에 따라 변경 및 개정이 가능하다.

제 7 절 국제 규제기구와의 관계

국제적인 원자력 안전규제 활동은 원전을 보유한 모든 국가들이 강력하고 독립적이며 기술적 역량을 갖춘 규제기구를 설립·유지하도록 장려해야 할 책임이 있다. 원자력 관련 국제기구로는 경제협력개발기구 원자력에너지기구(Organization of Economic Cooperations & Development/Nuclear Energy Agency; OECD/NEA)와 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency; IAEA) 등이 있으며 이들을 통한 국제협력이 원자력 관련 안전 및 규제의 개념과 모범사례를 확산하는 데에 중요한 역할을 한다.²⁷⁾ 그리고 모든 원전 가동 국가가 서명한 원자력 안전협약(CNS)은 국제적으로 받아들여지는 일련의 원칙과 원자력 안전의 기본요소 및 관련 의무사항을 정하고 있다. 동 협약에 반영된 중요한 원칙은 규제 기관과 기타 원자력 에너지와 관련된 단체들을 효과적으로 분리하도록 하고 원칙적으로 안전 당국과의 의사결정 절차가 적절하지 못한 외부압력으로부터 보호하고 있다.²⁸⁾

27) 박우영·이상립, 전계보고서(각주1), 18~19면.

28) 박우영·이상립, 전계보고서(각주1), 19면.

벨기에의 안전규제 기관인 FANC와 Bel V가 참여하는 국제적 활동은 이미 상술하였는바 국제 관계에 있어서 이들 기관이 벨기에를 대표하며, 양 기관 간 정기적인 정보교류회의(information exchange meeting)를 개최함으로써 문서와 경험을 공유하고, 공통의 입장을 정하게 된다.

제 8 절 소 결

벨기에의 원자력발전소 안전규제 법제에 대하여는 제2장에서 상술하였고, 본 장은 이러한 규제책임과 의무의 효과적이고 효율적인 수행을 위한 기반이 되는 안전규제기관에 대하여 상술하였다. 벨기에의 안전규제기관은 부여된 책임을 다하기 위하여 다음과 같은 필수적인 법적 권한과 인적·재정적 자원을 보유하고 있다.

- 원전사업자(허가취득자)가 국가의 원자력 안전 요건 및 관련 허가 조건을 준수하도록 요구
- 규제적 검토(regulatory review)와 평가 및 사찰을 통한 준수여부의 검증
- 규제의 집행

FANC의 법적 구조와 중앙 정부와의 명확한 관계 설정에 의하여 규제기관의 독립성이 확보·강화되고 있으며, FANC가 본격적인 활동을 시작한 2001년 9월 이후, CNS와의 광범위한 논의에 따라 규제기관의 법률상·사실상 독립성을 확보하기 위해 다음과 같은 필수적 가치를 구현하려는 노력이 지속적으로 이루어지고 있다.

- 안전에 관한 명확한 목표 설정
- 적절한 재정 체계(financing mechanism)
- 책임 절차 및 보고의 명확화
- 투명성과 산업 및 사회 변화에의 적응성

- 역량의 향상
- 품질 보증(quality assurance)
- 규제기관의 인적 자원 관리
- 전문지식에 대한 접근성

제 3 장 벨기에의 원자력발전소 안전관련 법제

원자력 시설의 안전에 관한 벨기에의 기본적인 법령은 (1) 이온화 방사선의 위험에 대한 주민 및 환경보호와 연방원자력통제청(Federal Agency for Nuclear Control; FANC)에 관한 1994년 4월 15일 법률(최근 2012년 개정),²⁹⁾ (2) 이온화 방사선의 위험에 대한 대중·근로자 및 환경보호에 관한 일반적 규제를 정한 2001년 7월 20일 칙령(GRR-2001, 최근 2012년 개정)³⁰⁾ 및 (3) 원자력 시설의 안전요건(의무)에 관한 2011년 11월 30일 칙령(SRNI-2011)³¹⁾ 등이 있으며, 이 밖에도 비상상황의 대처계획 및 준비에 관한 법령과 원자력 에너지의 단계적 폐지에 관한 법령 및 원자력 관련 배상책임에 관한 법령 등이 있다.

GRR-2001의 범위는 매우 광범위하여 이온화 방사선의 노출 위험과 관련된 인간의 모든 활동 및 상황을 다루고 있는바 대중 및 환경 보호 뿐만 아니라 근로자 보호의 측면도 포함하고 있으며, 자연 방사(예컨대, 라돈 등)와 관련된 위험도 다루고 있다. 이 같은 규정은 방사선 물질 보호에 관한 유럽의 지침(European Directives)을 반영하고 있는 것으로 특히, 대중·근로자 및 환경 보호에 관한 기준과 의료적 노출로부터 환자를 보호하고자 마련된 1996년과 1997년 지침 등이 이에 해당한다. 또한, GRR-2001은 1994년 4월 15일 법률(1994년 「방사선 안전 및 연방원자력통제청(FANC)에 관한 법률」)의 상당 부분을 시행하고 있고, 동 법률에 근거하고 있는 연방원자력통제청(FANC)을 설

29) 「the Law of 15 April 1994 on the protection of the population and the environment against the hazards of ionizing radiation and on the Federal Agency for Nuclear Control」

30) 「the Royal Decree of 20 July 2001 laying down the General Regulations regarding the protection of the Public, the Workers and the Environment against the hazards of ionizing radiation (GRR-2001)」

31) 「the Royal Decree of 30 November 2011 on the Safety Requirements for Nuclear Installations (SRNI-2011)」

립·운영하고 있는바 FANC는 폭 넓은 권한을 가진 안전규제기관(safety authority)의 역할을 수행하고 있다.³²⁾

우선 벨기에의 원자력발전소 안전규제 법제를 분석하기에 앞서 벨기에 원자력발전소의 현황을 개괄적으로 살펴보기로 한다.

제 1 절 1994년 「방사선 안전 및 연방원자력 통제청(FANC)에 관한 법률」³³⁾

「이온화 방사선 위험에 대한 주민과 환경보호 및 연방원자력통제청(FANC)에 관한 1994년 4월 15일 법률」은 이온화 방사선의 부정적 영향으로부터 근로자와 대중 및 환경을 보호하기 위한 기본적인 요소들을 정립한 기본법으로서 안전규제기관인 FANC의 설립 근거가 되는 법률이기도 하다. 동법의 개요는 다음과 같다.

- 제1장(Chapter I)은 용어의 정의와 안전규제기관(Safety Authority)으로 법인격이 부여된 공익기관으로서 연방원자력통제청(FANC)의 설립에 관한 명확한 규정(제2조)을 두고 있다.
- 제2장(Chapter II)은 관할 당국에 관한 세부사항을 정하고 있는바 수송을 포함한 이온화 방사능 원료와 관련된 모든 활동의 관할 당국을 국왕(The King)으로 하고 있다. 국왕은 예기치 못한 사건으로 위험이 발생한 경우, 대중과 환경의 보호를 위한 모든 조치를 취할 수 있으며, 동법의 준수를 감독하고 근로자의 의학적 감시 및 근무 중 건강상태에 관한 시행령 담당자를 지명한다(제7조~제11조). 담당자들은 왕국 법무부장관의 대리인으로서 사법경찰관으로 간주되고, 이

32) 현재 시행 중인 규정은 FANC 웹사이트 www.jurion.fanc.fgov.be에서 확인할 수 있으며, 일부 영문버전도(2013년 10월) www.fanc.fgov.be/fr/page/reglementation/11.aspx를 통해 활용할 수 있다.

33) 「The Law of 15 April 1994」

에 따라 관련 업무에 관한 집행권을 가진다. 즉, 동법의 준수여부를 추적하고 기록하며 경고를 줄 수 있고 수정조치(corrective action)에 기한을 부여한다. 또한, 언제든지 원자력 시설에 접근할 수 있고 필요한 경우 장비나 원료를 압수할 수 있다.

- 제3장(Chapter III)은 FANC의 다양한 임무를 열거하고 있다.
 - 통제 및 감독활동
 - 동법에 따른 모든 조치의 수행과 동법이 정하고 있는 관련 기관의 설립
 - 원자력 시설의 안전 및 보안평가의 수행과 해당 시설의 조사(사찰)
 - 원자력 시설 운영허가 신청의 검토
 - 최상위 위험시설(I 등급 시설)을 제외한 특정 시설에 대한 허가 부여
 - 허가조건의 준수여부에 대한 평가
 - 지역 방사능 감시
 - 원자력 비상사태시 내무부(Ministry of Home Affairs)에 기술적 협조 제공
 - 동법과 관련된 새로운 법령의 제안 및 준비
 - 원자력 안전 분야의 과학적·기술적 문서 수집: R&D의 활성화 및 협조
 - 일반 대중에 대한 중립적·객관적 정보의 제공
- 제4장(Chapter IV)은 FANC의 임무 중 일부 위임사항에 대해 다루고 있다.
 - FANC는 공인 기관이나 같은 목적을 위해 설립된 법인에 일부 임무를 위임할 수 있다.
 - 위임사항은 핵분열성 물질의 적재·운송 및 배송에 대한 감독뿐만 아니라 개별 원전사업자(허가취득자)가 설립·운영해야 하는 보건물리부서(health physics department)의 특정 임무와 관련된 것이다.

- 이들 기관의 공인은 FANC가 정한 기준에 의한다.
- FANC가 설립한 법인에 위임된 임무는 국왕이 명시한다. 국왕은 해당 법인에 자금 조달방식을 결정하고, 이들 법인에 주어진 임무에 대한 FANC의 통제방법 등을 결정한다.
- **제5장(Chapter V)**은 FANC의 자금조달 및 재원에 관한 사항이다.
 - 원전사업자(허가취득자) 및 장래 원전사업자의 연차 세금(annual taxes): 지불절차와 금액은 본장에 규정되어 있다.
 - 허가(license) · 공인(recognition) 또는 등록(registration)을 위한 신청료: 금액은 칙령(Royal Decree)에 규정되어 있고, 해마다 물가지수에 따라 조정된다.
 - 행정과징금(administrative fines): 금액과 절차는 동법 제53조 내지 제64조에 상세히 규정되어 있다.
 - 특별(통제) 활동에 대한 요금
 - 기부(gifts) 및 유산(legacies)
 - 보조금(subsidies)
- **제6장(Chapter VI)**은 FANC의 기본적인 경영관리체계에 관한 사항을 정하고 있다.
 - FANC는 칙령(Royal Decree)으로 임명된 이사로 구성된 이사회에 의해 운영된다.
 - FANC의 자문기관으로 과학위원회(Scientific Council)를 설립하며, 그 구성과 임무는 칙령(Royal Decree)에 따른다.
 - FANC는 규제개발 기능과 통제 · 감독기능이 독립적으로 수행되는 방식으로 조직되어야 한다.
 - 청장(General Manager)은 FANC의 일상적인 업무와 경영관리를 담당한다.

- 제7장(Chapter VII)은 행정과징금(administrative fines)과 같은 FANC의 집행력 중 일부에 관한 사항이다.
- 제8장(Chapter VIII)은 일부 과도기 조항에 관한 사항을 다루고 있다.

제 2 절 2001년 7월 20일 칙령(GRR-2001)³⁴⁾

본 칙령은 기본적인 원자력 안전과 방사능 보호에 관한 규제를 정하고 있는데, 관련 유럽지침과 보조를 맞추고 과학적·기술적 발전을 고려하여 안전당국인 FANC가 정기적으로 개정 수요를 조사하고 제안한다. GRR-2001은 원자력 시설의 설계와 운영 및 해체에 중요한 영향을 미치는 매우 낮은 단계의 고형 폐기물 재사용과 재활용에 관한 승인 개념과 엄격한 원칙을 도입하였는바 그 개요는 다음과 같다.

- 제1장(Chapter I): 일반 조항(General Provisions)
 - GRR-2001의 범위 및 적용분야에 대한 정의
 - 용어의 정의
- 제2장(Chapter II): 시설의 분류(Categorised Facilities)
 - 원자력 시설은 I 등급(Class I; 최고위험등급)부터 V 등급(Class V; 극소량의 방사능 물질)까지 분류된다.
 - I 등급에서 III등급 시설의 경우, 사전 허가 필수
 - 제6조는 I 등급 시설의 허가시스템을 상세히 정하고 있다.
 - 제12조 및 제13조는 FANC와 FANC의 과학위원회가 제안할 수 있는 시설에 대한 변경(개선)사항이나 추가 허가조건에 따른 허가문제에 대해 정하고 있다.
 - I 등급 시설의 해체도 사전 허가대상이다.
 - 관할 당국은 법령이나 허가조건이 충족되지 않은 경우 허가를 철회하거나 유예할 수 있다.

34) 「The Royal Decree of 20 July 2001」

● 제3장(Chapter III) : 일반적 보호사항(General Protection)

- 개인적·집단적 노출 방사선량의 제한은 방식의 정당성 및 보호의 최적성과 같은 기본적인 방사능 보호원칙에 의하여 정한다. 제20조는 직업상 노출된 사람들, 훈련 참가자들 및 학생과 대중을 위한 제한을 규정하고 있으며, 공동의 예외적 노출, 사고로 인한 노출 및 비상사태 시 근로자의 노출 등에 대해 정하고 있다.
- 제23조는 개별 원전사업자(허가취득자)나 운송회사의 운영자들이 시설 내(또는 사내)에 반드시 두어야 하는 보건물리부서(health physics department; HPD)의 역할과 의무를 정하고 있는데, HPD는 법령과 허가조건의 준수여부를 확인·평가한다. HPD의 의무에 대한 구체적인 사항은 제23조에 상세히 열거되어 있으며, 보건물리 통제전문가는 제73조의 세부 규정이 정하는 바에 따라 FANC의 공인을 받아야 한다.
- 제24조와 제26조는 근로자의 의학적 감시(medical surveillance) 및 이들의 교육훈련과 관련된 필수요건, 그리고 법령과 지침을 준수해야 하는 근로자의 의무를 정하고 있다.
- 제27조 내지 제32조는 일반적인 보호 설비 및 관련 사항을 다루고 있는데 여기에는 개인 보호설비, 방사선량의 측정과 경고사인의 사용 등이 포함된다.
- 제33조 내지 제37조는 방사능 폐기물(고체형·액체형·기체형)에 대해 정하고 있다.
- 특히, 제37조는 원자력 시설에 대한 접근 및 방사선 통제지역 근무 시 외부 근로자의 보호에 관하여 정하고 있다.

● 제4장(Chapter IV): 방사성 물질의 수입·수송 및 유통(Import, Transit and Distribution of Radioactive Substances)

- 본 장은 2009년 3월 24일 칙령에 의하여 철회·대체되었는데 동

칙령은 방사성 물질의 수입·수송 및 수출을 규제하고 있으며, 방사능 폐기물 및 폐연료의 운송통제와 감독에 관한 2006/117/유럽원자력공동체(Euratom)의 지침을 반영하고 있다.

- **제5장(Chapter V) 및 제6장(Chapter VI)**은 이온화 방사능의 의학적 적용을 다루고 있는바 안전규제와는 다소 거리가 있으므로 본 보고서에서의 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- **제7장(Chapter VII): 운송(Transit)**
 - 방사능 물질의 운송은 FANC의 허가대상이다.
 - 본 장은 원전사업자(허가취득자)가 FANC에 정기적으로 제공해야 하는 정보와 허가절차를 정하고 있다.
- **제8장(Chapter VIII): 원자력 추진(Nuclear Propulsion)**
 - 원자력을 동력으로 하는 배나 선박의 건조는 국왕의 사전승인 대상이다.
 - 이 같은 배나 선박이 벨기에 해상에 정박하거나 통과하는 경우도 사전승인 대상이다.
- **제9장(Chapter IX): 금지사항 및 승인사항(Bans and Authorisations)**
 - 본 장은 이온화 방사능의 사용에 대한 특정 금지항목이나 특수허가(예컨대 의료장비의 멸균 등)를 다루고 있다.
- **제10장(Chapter X): 예외조치(Exceptional Measures)**
 - 제66조는 방사능 물질의 멸실이나 도난 등에 대해 정하고 있다.
 - 제67조는 사고, 공동의 예외적 노출 및 사고노출과 관련된 조치를 다루고 있다.
 - 제68조는 오염제거사항에 대해 정하고 있다.
 - 제69조는 잔존오염물질에 대해 다루고 있다.

● **제11장(ChapterXI): 영토·국민에 대한 감시와 비상대비책(Surveillance of the Territory, Population and Emergency Planning)**

- 제70조는 영토와 국민이 받는 방사선 노출량의 방사성 감시를 다루고 있으며 FANC가 이를 담당한다.
- 제71조는 방사성 물질에 대한 전체로서의 대중 감시, 모든 데이터의 수집 등을 다루고 있고, 여기에는 직업적으로 노출된 근로자의 데이터도 포함된다.
- 제72조는 원자력 위험에 대한 비상대응계획과 국민의 정보에 대하여 정하고 있다.
- 제72조 a항은 지속적 노출의 경우 국가의 개입(조정, 중재)에 대하여 정하고 있다.
- 제72조 c항은 고아원료(orphan sources)를 발견한 경우 국가의 개입(조정, 중재)에 대하여 정하고 있다.
- 비상계획에 관한 2003년 10월 17일 칙령은 원자력/방사능 사고의 경우 일반적인 비상 기획기관에 관하여 정하고 있다. (제2장 제5절 참조)

● **제12장(ChapterXII): 전문가, 물리학자 및 사찰기관의 공인(Recognition of Experts, Physicians and of Inspection Organisation)**

- 제73조는 보건물리 통제전문가의 공인에 관한 모든 조건을 정하고 있다.
- 제74조는 공인사찰기관(Authorized Inspections Organisations; AIOs)에 대해 다루고 있다.
- 제75조는 직업상 노출된 근로자의 의학적 감시를 담당하는 의사의 공인에 관한 사항을 정하고 있다.

● **제13장(ChapterXIII): HASS 원료(HASS Sources)**

- 본 장은 2003/122/유럽원자력공동체(Euratom) 지침을 반영하여 2006

년에 추가된 것으로 고활동 폐쇄 방사성 원료(high-activity sealed radioactive sources)와 고아원료(orphan sources)의 통제에 관하여 다루고 있다.

제 3 절 2011년 11월 30일 칙령(SRNI-2011)³⁵⁾

원자력 시설의 안전요건에 관한 2011년 11월 30일 칙령(SRNI-2011)은 관련 규제에 관한 서유럽원자력규제자협회(WENRA)의 활동의 산물이며, 원자력 안전에 관한 유럽지침인 2009/71/유럽원자력공동체(Euratom)을 반영한 것이기도 하다. SRNI-2011의 개요는 다음과 같다.

- **제1장(Chapter 1):** 일반 조항(General Provisions)

- 동 칙령의 범위와 용어를 정의하고 있으며, SRNI-2011가 I 등급(Class I) 원자력 시설에 적용됨을 명시하고 있다.

- **제2장(Chapter 2):** 포괄적 안전 요건(Generic Safety Requirements)-동 칙령이 다루는 모든 원자력 시설에 적용된다.

- 제1절(Section I): 원자력 안전 관리(Nuclear Safety Management)

- 원전사업자(허가취득자)는 원자력 안전의 확보를 최우선 과제로 하여 적절한 감시와 지속적인 원자력 안전 개선을 포함한 안전 정책을 수립하고 모든 직원들과 소통하여야 한다. (제3조)

- 기관의 구조는 문서화 되어야 하며, 원자력 안전 관리는 충분한 자격을 갖춘 전문가에 의해 시설의 안전한 운영이 보장되도록 단계적 접근이 뒤따라야 한다. 인사관리는 은퇴 및 기타 삭감요인(cutbacks)뿐만 아니라 장기적 목적이 고려되어야 한다. (제4조)

- 통합관리시스템(Integrated Management System)은 안전에 우선순위를 두어 지속적으로 평가되고 개선되어야 한다. 이 같은 관리

35) 「The Royal Decree of 30 November 2011」

시스템은 하청업자나 기타 공급자에 의해 수행되는 활동을 포함하여 시설의 원자력 안전에 영향을 끼칠 수 있는 모든 활동과 절차를 다루어야 한다. (제5조)

- 제6조는 직원들의 교육 훈련과 공식적인 자격요건에 관한 필수 사항을 정하고 있다.

○ 제2절(Section II): 설계(Design)

- 제7조는 원자력 시설의 설계에 있어서 기본적이고 필수적인 요건에 관한 사항을 정하고 있는바 이 요건은 일반적인 운영 조건, 운영상 발생할 수 있는 문제, 가상의 초기 사건(내부 및 외부)으로 인한 사고, 고장에 대비한 안전원칙 등에 대해 상세히 정하고 있다. 또한, 장애 폐로의 경우를 대비한 조향도 설계에 포함되어야 한다.
- 제8조는 시설의 구조와 시스템 구성부분의 분류 및 자격요건에 대한 구체적인 절차가 완비되어야 함을 명시하고 있으며, 이들의 설계·제조 및 유지요건이 그 분류에 상응해야 한다.

○ 제3절(Section III): 운영(Operation)

- 제9조는 운영제한 및 운영조건에 관한 요건을 정하고 있다. 운영제한 및 조건은 안전보고의 필수적 포함사항이고, 필요에 따라 수시로 검토되고 수정되어야 하며, 제한은 보수적 방식으로 정의되어야 한다. 운영제한 및 조건을 준수할 수 없는 경우, 원전사업자(허가취득자)는 적절한 수정조치를 시행하고 규제기관에 이를 보고하여야 한다.
- 제10조는 시설의 노후화(물리적 및 경제적) 및 시의적절한 관리 프로그램의 시행에 관하여 정하고 있다. 따라서 관리프로그램은 적어도 매 정기안전점검(PSR)시 그 효율성에 대하여 검토되어야 한다.

- 제11조는 원전사업자(허가취득자)로 하여금 운영피드백절차(operational feedback process)를 두도록 하여 유사시설 뿐만 아니라 자신들의 시설에서 일어나는 사건을 수집·분석하고 문서화하도록 하고 있다. 이 절차에 따라 원전사업자는 지속적인 개선을 위한 절차 뿐 아니라 관련 정보에 대한 통지·배포 및 분석방법론을 문서화하여야 한다.
- 제12조는 시설의 구조·시스템 및 안전상 중요한 구성부분의 유지(maintenance)·시험(testing)·감시(monitors) 및 사찰(inspection) 프로그램에 관한 원칙(principles), 준비(preparation) 및 시행(implementation)에 관한 사항을 정하고 있다.
- 제4절(Section IV): 원자력 안전의 인증/평가(Verification of Nuclear Safety)
 - 원전사업자(허가취득자)는 허가기간 동안 안전분석보고서(safety analysis report; SAR)를 작성하여야 한다. (제13조) SAR은 시설과 현장에서 수행되는 활동을 반영한 것으로 시설 또는 활동사항의 변경에 따른 원자력 안전의 영향을 설명하는데 기초자료로 활용될 것이며, 특정 절차에 따라 정기적으로 최신화(update)될 것이다.
 - 제14조는 정기안전점검(PSR)을 위한 요건을 정하고 있는데, PSR의 주요목적은 시설의 원자력 안전에 대한 체계적인 평가를 수행하는 것으로서 시설의 노후화나 변경사항 뿐 아니라 규제 및 경험적 피드백과 관련된 개선사항도 고려의 대상이 된다. PSR은 체계적인 문서화 방식에 따라 수행되며, 안전에 관한 다양한 주제를 다루어야 한다. 또한, 규제 당국에 제출해야 하는 요약보고서(summary report)는 안전개선활동과 그 스케줄은 물론 안전주제에 대한 분석을 포함하여야 한다.
 - 시설에 대한 변경은 최소한 변경 전과 동일한 수준의 안전이 보장되도록 하여야 한다. 제15조는 변경(modification)의 정의 및 안

전평가와 변경사항의 시행에 관한 추가적인 요건을 상세히 정하고 있다.

○ 제5절(Section V): 비상사태에 대한 대비책(Preparedness for Emergencies)

- 제16조는 원전사업자(허가취득자)가 시행하여야 하는 비상사태에 대비한 내부계획에 관한 요건을 정하고 있는바 여기에는 목적·준비 및 구조적 이슈를 세분화하여 다루어야 하고, 적절한 비상사태 인프라가 제공되어야 한다. 내부 비상사태 계획은 적어도 1년에 한 번은 훈련 상황을 가정하여 시행하여야 한다.
- 제17조는 내부 화재(internal fires)로부터 시설을 보호하기 위한 요건을 정하고 있다. 즉, 기본적인 설계 자체에 있어서 화재로부터의 보호가 주요 요소로 고려되어야 하며, 화재위험분석(fire hazard analysis)을 통해 문서화되어야 한다. 화재감지 및 경보시스템과 더불어 수동적 또는 능동적 화재진압시스템(fire extinguishing system)이 갖추어야 하며, 이러한 시스템을 정기적으로 사찰하고 유지·보수하여야 한다.

● **제3장(Chapter 3): 원자력발전소에 관한 구체적 안전 요건(specific Safety Requirements for Nuclear Power Plants)**

○ 제1절(Section I): 원자력 안전 관리(Nuclear Safety Management)

- 제18조는 원전사업자(허가취득자)의 기관 내부에 독립적인 평가를 담당하는 기관(부서)를 두도록 하고 있다.
- 제19조는 통제실 근무 운영자가 준수하여야 할 특정 요건을 명시하고 있다. 예컨대 승인절차나 시뮬레이터에 관한 보수교육(refresher training) 등이 그것이다.

○ 제2절(Section II): 설계(Design)

- 제20조는 반응성 통제(control of reactivity)나 열 제거(heat removal) 및 방사성 물질의 격리와 같이 원전의 기본적인 안전 기능을 확보

하기 위하여 요구되는 기존 원자로의 설계 기초(design basis)에 관한 사항을 다루고 있는바 이를 위해 고려하여야 할 내부적 및 외부적 사건들을 상세히 정하고 있다. 안전 시연(safety demonstration)은 충분한 보수주의적 관점을 적용해야 하며, 안전 기능의 설계는 초기 30분 동안은 운영자의 조치가 필요 없을 정도여야 한다. 또한, 계측시스템은 주요 변수를 측정하는데 사용되어야 하고, 만약의 경우를 대비한 통제실이 제공되어야 하며 물리적·전기적으로 주(main) 통제실과 분리되어야 한다. 안전시스템에 대하여는 충분한 중복체크가 이루어져야 하고, 어떤 고장도 안전시스템의 손실을 야기하지 않도록 설계되어야 하며, 일부 구성부분이나 라인의 폐쇄가 필요 최소한인 중복체크에 지장을 주지 않아야 한다. 마지막으로 비상 전력공급이 가능해야 하고 필수 전력이 공급될 수 있어야 한다.

- 제21조는 설계 확장(design extension)에 관한 사항을 다루고 있다. 설계 확장은 기본사고나 심각한 사고(예컨대 노심 손상을 수반하는)의 설계를 넘어선 것으로 주통제실과 비상통제실 모두에 이 같은 사고를 관리하기 위한 특정 수단/장비가 제공되어야 하며, 특정한 사고 설계를 초월해서 방지 기능이 가능한 유지되어야 한다.
- 제22조는 어느 한 등급(class)의 구조·시스템 또는 구성 요소의 오류가 그 보다 상위 등급의 시스템에 오류를 일으키는 것을 막기 위한 인터페이스(interface)가 제시되어야 함을 정하고 있다.

○ 제3절(Section III): 운영(Operation)

- 제23조는 원자력발전소의 모든 운영 상태를 다루는 운영 제한과 조건을 정하고 있으며, 통제실과 감독 담당 직원은 제한 사항과 기술적 기초에 관한 충분한 지식을 갖고 있어야 함을 명시하고 있다.

- 원전사업자(허가취득자)는 노화관리프로그램(aging management programme)을 개발하여야 한다. (제24조) 메일 시스템과 구조 및 구성요소 등은 노후화에 따른 효과를 감지하기 위해 시의적절한 방식으로 감시되며 예방적 또는 수정적 조치가 허용된다.
 - 제26조는 원자로 주회로의 누수테스트(leak test)를 위한 최소한의 요건을 정의하고 방지의 필요성을 확인하고 있다.
 - 원전사업자(허가취득자)는 일련의 사고관리절차(accident management procedures)를 완비하여야 하는데, 이는 노심에 어떠한 손상도 없을 때에 한하여 사고조건에 충족하는 경우에만 활용되며 안전 조건의 회복, 안전기능 손상의 복구 및 보상, 노심 손상의 방지 및 지연을 주요 목적으로 한다. 심각한 사고나 노심에 손상이 있는 경우에는 심각한 사고관리절차(severe accident management procedures)가 이용되는데, 이를 통하여 추가적인 노심손상을 제한하고, 장치의 온전한 상태를 가능한 보존하며, 방사성 물질의 누수를 제한하고 통제 조건을 회복하는 것이 주된 목적이다. 사고관리절차는 실제 상황을 가정한 시나리오를 바탕으로 개발되었으며 결정론 및 확률론 분석기법을 활용하고, 정기적으로 최신화 될 뿐 아니라 사찰을 통해 승인된다. 이러한 절차를 다루는 직원은 적절한 초기 훈련과 보수교육을 받아야 한다.
- 제4절(SectionIV): 원자력 안전의 인증/평가(Verification of Nuclear Safety)
- 제28조는 안전분석보고서(safety analysis report; SAR)에 포함되어야 할 최소한의 내용을 정하고 있다.
 - Level 1과 Level 2 확률적 안전평가는 각각의 원자로와 운영모드에서 수행되어야 한다. (제27조) 그러나 Level 2의 경우, 정기안전평가(Periodic Safety Assessment; PSA)는 대표 설비/장치를 사용할 수 있다. PSA는 실제적 가정을 이용하며 내부화재 위험, 외

부사건, 인간의 개입, 인간의 오류 등과 같은 측면을 고려하여야 한다. Level 1 PSA는 민감성(sensitivity)과 불확실성(uncertainty) 분석을 포함해야 하며 Level 2 PSA는 최소한 민감성 분석을 포함하여야 한다. PSA 결과는 원자력발전소의 설계 및 운영 시에 활용되어야 하는데 예컨대 의사결정에 도움을 주거나 변경/수정의 적절성을 판단하는 경우 등에 사용된다.

- 제30조는 정기안전점검(PSR)의 주기/빈도를 최소 10년으로 정하고 있다.

○ 제5절(Section V): 비상사태에 대한 대비책(Preparedness for Emergencies)

- 현장의 사건관리를 위한 합동센터(coordination center)는 통제실 및 비상통제실은 물론 현장의 모든 주요 장소와 현장 및 현장 외 비상기관(emergency organisation)과 소통할 수 있도록 통신장비를 제공하여야 한다. (제31조)

- 제4장(Chapter 4)은 방사능 폐기물 처리시설의 안전 요건(safety requirements for radioactive waste disposal facilities)을 정하고 있는데, 그 초안은 유럽원자력공동체 조약(Euratom Treaty) 제30조에 따라 유럽위원회(European Committee)에 통지되었다.
- 제5장(Chapter 5)은 일부 최종 조항(final provision)과 과도기적 조치(transitional arrangements)를 담고 있다.

제 4 절 비상계획에 관한 2003년 10월 17일 칙령³⁶⁾

「2007년 5월 15일 법률(the Law of 15 May 2007)」은 민간 안전(Civil Safety)의 개념을 정의하고 각기 다른 관련 기관들의 역할과 임무를

36) 「The Royal Decree of 17 October 2003 on Emergency Planning」

정하고 있으며, 「2006년 2월 16일 칙령(Royal Decree of 16 February 2006)」은 비상사태 시의 계획과 국가의 개입에 관하여 정하고 있다. 「2003년 10월 17일 칙령(Royal Decree of 17 October 2003)」은 원자력 및 방사능 비상사태에 대응한 계획과 유관 기관들의 임무를 정하고 있다. 상술한(제4절) 「원자력 시설의 안전요건(의무)에 관한 2011년 11월 30일 칙령(SRNI-2011)」 제18조에 따라 원자력 시설 운영자들은 내부 비상사태에 대비한 계획을 수립하여야 할 의무가 있고, 규제 기관의 승인을 받아야 한다. 이 계획은 발생 가능한 사고에 대비하기 위하여 정기적으로 검증되어야 하며, 당국의 개입(intervention)은 민간 안전(Civil Safety)을 감독하는 내무부(Ministry of Home Affairs)에 의해 이루어진다.

이러한 원자력 및 방사능 비상사태 계획(Nuclear and Radiological Emergency Plan)은 원자력 사고 또는 대중에게 과노출을 일으키거나 상당한 환경오염을 야기할 수 있는 기타 방사성 비상사태의 상황에서 대중 및 환경을 보호하기 위한 합동 조치(co-ordinated action)에 그 목적이 있다. 따라서 동 계획은 방사성 비상사태 발생 시 시행되는 보호조치의 지침으로서 기능할 것인바 여기에는 다양한 부서와 기관들이 각자의 법적 권한 내에서 수행해야 할 임무가 포함되어 있다. 비상사태 계획의 각 조항은 대중에게 상당한 방사성 물질의 노출 위험이 있는 다음과 같은 경우에 적용된다.

- 공기오염이나 적치된 방사성 물질로 인한 외적 방사(external irradiation)
- 오염된 공기의 흡입 또는 오염된 물이나 식품의 섭취로 인한 내적 방사(internal irradiation)

원자력 및 방사능 비상사태 계획(Nuclear and Radiological Emergency Plan)은 주로 Tihange 및 Doel 원자력발전소, Mol 원자력 연구센터(SCK · CEN), Fleurus의 방사성 원소연구소(Institute for Radioelements)

및 Dessel의 벨고프로세스(Belgoprocess) 폐기물처리·저장시설 등 벨기에 내 주요 원자력 시설에서의 비상사태 상황에 대비하기 위해 설계되었다. 또한, 동 계획은 다른 비상사태 상황의 발생 시에도 작동하는데 이는 벨기에 영토이든(예컨대 방사성 물질의 운송과정상의 사고나 테러공격 등으로 인한 방사능 비상상황 또는 기타 벨기에 원자력 시설에서 발생한 사건) 근방에서든 발생할 수 있는 비상상황을 말한다. 비상사태의 경우, 현장 밖에서의 위기대응은 내무부 산하의 정부 위기합동센터(Governmental Crisis and Coordination Center; CGCCR)가 담당하고 관련 조치는 연방 수준에서 결정되며, 당국의 개입 등 조치의 시행은 관련 지역 주지사(Governor)의 지시에 따른다. 동 계획은 관련 조치와 당국의 개입에 관한 전반적인 구조에 대해서만 정하고 있기 때문에 각각의 개입 단계(주(州)당국·지방자치 당국 및 모든 개입 기관)에서 구체적인 내부계획에 의해 보완되어야 할 필요가 있다.

제 5 절 2003년 「원자력 에너지의 단계적 폐지에 관한 법률」

2003년 1월 31일 「원자력 에너지의 단계적 폐지에 관한 법률(The Law of 31 January 2003 on the Phase-out of Nuclear Energy)」이 공포되었는바 그 개요는 다음과 같다.

- 핵분열을 통한 원자력발전소는 산업 전력 생산을 위한 목적으로 더 이상 신축되거나 새로이 운영되지 않는다. (제3조)
- 제4조
 - 제1항: 산업 전력 생산을 위한 핵 분열식 원자력발전소는 산업적 운영일 이후 40년이 지나면 폐쇄되며 그로부터 더 이상 전력을 생산하지 않는다.
 - 제2항: 시기에 제한은 두지 않은 국왕의 승인을 받은 핵 분열식

전력 생산과 이의 산업적 운영에 관한 모든 허가는

a) 이온화 방사능의 위험에 대한 대중의 보호에 관한 「1958년 3월 29일 법률(the Law of 29 March 2003)」과 「1994년 4월 15일 법률(the Law of 15 April 1994)」 제52조에 따라 여전히 유효한 GRR-1963³⁷⁾ 제5조(現 개정법 제66조) 및

b) 「1994년 4월 15일 법률」 제16조, GRR-2001 제5조·제6조 등에 의하여 생산 시설의 산업적 이용일로부터 40년이 지나면 만료된다.

- 전력 공급이 원활치 않은 경우, 동법 제3조 내지 제7조에 따라 칙령으로 적절한 조치를 취할 수 있다.

제 6 절 원자력 시설에 대한 인허가 규제체계

2001년 이후 2단계로 이루어진 I 등급(class I) 시설에 대한 새로운 인허가 절차가 시행되고 있으며, 각 단계는 칙령(Royal Decree)에 의해 종결된다. 허가신청은 다음과 같은 3가지 파트로 이루어진다.

- 첫 번째 파트는 주로 행정적인 정보로 이루어진 것으로 신청인의 성명과 법적 지위 및 책임사항 등을 다루고 있다.
- 두 번째 파트는 다음의 사항을 포함하는 사전안전분석보고서(preliminary safety analysis report)로 구성된다.
 - 건축·운영 및 설계로 인한 사고에 적용된 안전 원칙
 - 기존에 이용 가능한 확률적 안전 분석(probabilistic safety analysis)
 - 기계적 및 전기적 장비의 적합성(qualification)
 - 품질보증 및 자격검증을 위해 적용되는 원칙
 - 폐기물의 관리 및 예상량(해체와 관련된 사항 포함)

37) 1963년 2월 28일 칙령(General Regulations regarding the protection of the public, the workers and the environment against the hazards of ionizing radiation, laid down by Royal Decree of 28 February 1963.).

- 신청절차의 세 번째 파트는 환경영향평가보고서(environmental impact assessment report)로 구성되는데, 이는 유럽원자력공동체(Euratom) 조약(99/829/Euratom) 제37조에 따른 유럽위원회(EC)의 권고 사항에 언급된 최소한의 일반 정보로서 공공 및 민간프로젝트의 환경에 대한 효과 평가에 관한 유럽지침(European Directive 85/337/EEC)에 따라야 한다.

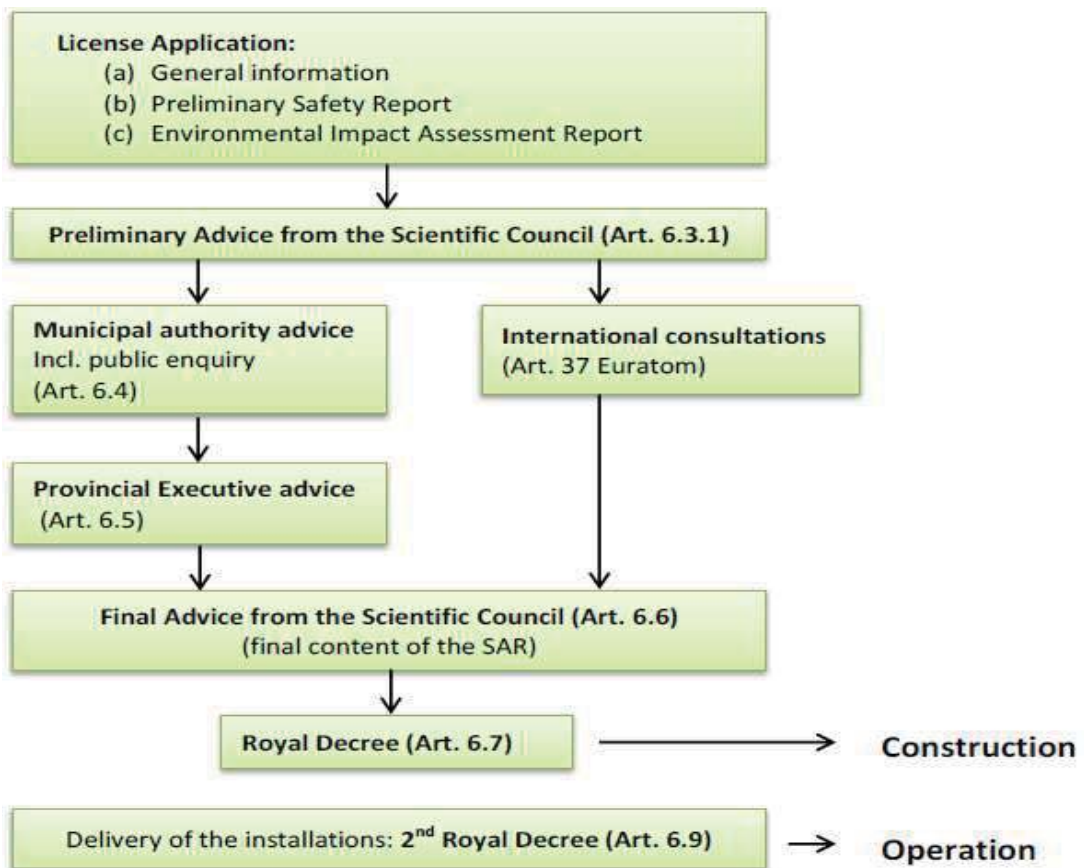
벨기에는 연방국가로서 3개의 지역(Region)으로 구성되며, 각 지역은 당해 영토의 환경 보호에 관한 법적 권한을 갖는다. 다만, 업무의 중복을 피하고 상호 양립성을 확보하는 동시에 허가절차를 간소화 하기 위한 업무 협력방안이 논의되고 있다.

허가신청은 FANC가 검토하며 이후, FANC의 과학위원회(Scientific Council)의 자문을 받는데 여기에 더하여 의무적인 국제적 자문(국경을 초월하는 영향에 대한 Euratom 제37조) 및 유럽위원회(EC)의 자발적 자문이 이뤄질 수 있다. 과학위원회의 자문 이후, 해당 서류는 공개심의 및 관련 지방자치단체에 제출되어 자문을 받게 되고 그 후, 관련 주의 행정부에 제출된다. 이러한 절차를 거친 신청은 최종적으로 과학위원회에 다시 전달되어 최종 자문을 받게 되며 여기서의 긍정적인 의견이 긍정적인 결정을 위한 필수요건이 된다. 또한, 과학위원회는 시설의 이용 또는 안전 보장의 관점에서, 그리고 장래 시설의 건전성과 관련하여 특정 조건을 붙여 허가할 수도 있는데, 이 때 허가신청자는 이러한 조건 또는 허가사항에 따라 시설을 건축하고 운영하여야 한다.

두 번째 단계의 목적은 건축 및 운영허가의 확인에 있다. FANC 또는 이를 대리하는 Bel V는 가동 전에 시설의 운반과 방사능 물질의 도입을 담당하는데 충분히 우호적인 승인보고서(acceptance report)를 통해 시설 운영을 허가하는 확인결정(confirmation decree)이 난다. 이와 관련하여 부분 확인결정(partial confirmation decree)도 가능하며, 각각

은 충분히 우호적인 운반보고서(delivery report)에 기초한다. 확인결정은 수정될 수 있으며 최초 허가에 부기된 조건을 충족시키기도 한다. 허가체계의 개요는 다음과 같다.

< I 등급(class I) 시설에 대한 허가체계>³⁸⁾



FANC 및 당국의 결정에 대한 이의제기(appeal)

I 등급(class I) 시설의 건축 및 운영허가는 내무부의 추천에 따라 칙령으로 부여되는데, 다른 명령과 같이 누구든 명령 발표 후 60일 이내에 그 취소를 구할 수 있다. 행정결정에 대한 이의제기를 담당하는 부서는 국가위원회(Council of State)이며, 상황이 긴급하거나 필요

38) National Report, 전계보고서(각주16), 35면.

한 경우, 신청자의 요청에 따라 국가위원회가 즉시 행정결정을 유예할 수 있다.

허가의 정정(modification)

허가 및 허가에 부가된 조건은 2가지 방식으로 수정될 수 있다.

● 운영자의 발의:

- GRR-2001 제12조에 따라 시설에 변경을 가하는 프로젝트는 어떤 것이든 FANC에 통지하여야 하는데, 이 때 제안된 변경사항이 상당한 영향이 있는 경우, FANC는 허가 또는 허가에 부가된 조건의 수정여부를 결정할 수 있다.

● GRR-2001 제13조에 따른 FANC의 발의 또는 과학위원회의 발의

- FANC와 과학위원회는 언제든지 허가 및 허가에 부여된 조건의 수정발의를 할 수 있다.

상기의 수정절차는 초기 허가과정과 유사하며, 행정 형식(administrative formalities)의 부분적 수정은 가능하지만, 과학위원회의 자문은 언제나 의무사항이다.

제 7 절 소 결

벨기에는 거의 50여 년에 걸쳐 원자력 시설의 안전에 대한 법률적 규제체계를 수립하여 운영해 오고 있다. 특히, 1994년 4월 15일 「방사선 안전 및 연방원자력통제청(FANC)에 관한 법률」이 방사성 물질로부터 공중, 근로자 및 환경을 보호하는데 그 목적을 두고 있고, 동법과 관련 법령을 시행하기 위한 일환으로 2001년 9월 FANC가 창설되면서 원자력 안전과 관련하여 기존에 DTVKI/SSTIN(Ministry of Labour and Employment; 고용노동부)와 DBIS/SPRI(Ministry of Public Health and Environment; 공중보건환경부)가 수행하던 업무가 이관되었다. 또

한, 이러한 관련 법령과 칙령은 주기적으로 최신화(update)되고 있으며, 유럽원자력공동체 지침 및 벨기에가 체결한 국제조약 등을 감안하여 필요시 수시로 개정되어 왔다. 이와 같은 벨기에의 원자력 안전 규제 법제의 개괄적인 체계는 다음과 같다.

- (i) 상술한 일련의 법률과 칙령 및 IAEA의 안전기준을 바탕으로 한 WENRA의 안전 요건
- (ii) 원자력 시설 및 활동에 대한 허가체계, 허가 없는 시설의 운영 금지(GRR-2001 특히, 기술적(technical) 내용을 상세히 규정하고 있는 조항과 동법 제5조·제6조·제15조·제16조 및 제79조)
- (iii) 규제 조항 및 허가에 부가된 조건의 준수여부를 확인하기 위한 원자력 시설 및 활동에 대한 규제적 사찰·평가시스템(regulatory inspection and assessment system)(GRR-2001 특히, 동법 제6조·제12조·제13조·제15조·제16조·제23조 및 제78조)
- (iv) 허가의 유예(suspension), 정정(amendment) 또는 철회(withdrawal) 등과 같이 관련 규제 조항 및 허가에 부가된 조건을 준수하고 시행하기 위한 조치(GRR-2001 특히, 동법 제5조·제12조·제13조 및 제16조)

제 4 장 벨기에의 원자력발전소 안전규제절차(내용)

제 1 절 원자력시설 운영권자(원전사업자)의 책임과 안전

I. 원자력시설 운영권자(원전사업자)의 책임

2001년 7월 20일 칙령(GRR-2001) 제2조는 원자력시설운영권자(원전사업자; Licensee)를 “제2장에 따른 허가 및 보고 대상 시설 또는 업무 활동에 책임이 있는 자연인 또는 법인”으로 정의하고 있으며, 제5.2조는 원자력시설운영권자(원전사업자)는 허가에 제시된 조건을 준수해야 할 책임이 있음을 명시하고 있다. 또한, 원자력발전소의 경우, 승인 칙령(Royal Decree of Authorization)은 안전분석보고서(Safety Analysis Report; SAR)와 유럽원자력공동체조약(Euratom Treaty) 제37조의 준수를 요구하고 있다. 그럼에도 불구하고 동 허가는 원자력 시설의 안전성을 개선하거나 안전성에 영향을 끼치는 것이 아니라면 안전분석보고서의 수정을 허용한다.³⁹⁾

원자력시설운영권자(원전사업자)는 반드시 보건물리부서(Health Physics Department; HPD)를 조직하여 이로 하여금 원자력 안정성과 방사성물질 보호를 담당하게 해야 하며, 작업 현장 뿐 아니라 인근지역의 안전과 보건도 관리해야 한다(해당 의무에 대한 상세는 GRR-2001 제23조 참조). 또한 원자력시설 운영자는 민사적 책임보험을 체결해야 하는데(GRR-2001 제6.2.5조), 1985년 7월 22일 법안 및 2011년 11월 13일 법안은 손해에 대한 운영자의 법적 책임 최고액을 현방별로, 그리고 원자력 사고 유형별로 12억 유로로 정하고 있다. 이 밖에도 원자

39) National Report, 전개보고서(각주16), 46면.

력시설운영자의 기타 의무로서 방사능 노출 가능성이 있는 근로자(과견근로자 포함)의 정보 및 훈련과 개별 및 집단 노출량 제한정책의 수행이 포함되며(각각 GRR-2001 제25조 및 제20조), 규제기관은 운영자의 보건물리부서(HPD)의 적절한 의무수행 여부를 지속적으로 통제하여야 한다(GRR-2001 제23.8조는 이에 관한 세부사항을 정하고 있다).⁴⁰⁾

II. 안전의 우선순위⁴¹⁾

1. 원자력 안전 정책의 공표

원자력시설의 운영에 관한 안전정책을 명확히 규정하기 위하여 일렉트라벨(Electrabel)사는 다음과 같은 “원자력 안전성에 관한 정책”을 확립하여 시행해 오고 있으며, 이는 각 원자력시설의 안전분석보고서에 포함된다.

안전성=최우선

- “우리는 어떠한 상황에서도 생산보다는 안전성에 우선권을 둔다.”
- “우리는 모든 운영과정에 있어서 안전성을 확보한다.”
- “우리는 원자력 안전에 관한 법령과 규제를 숙지하고 이를 정직하게 준수한다.”
- “우리는 높은 수준의 안전문화를 개발하고 촉진한다.”

안전성=지속적인 개선과정

- “우리는 목표와 대응 행동계획을 수립해 원자력 안전을 지속적으로 개선한다.”

40) National Report, 전계보고서(각주16), 46면.

41) 벨기에의 원자력안전 우선순위에 관한 본 보고서의 내용은 National Report, 전계 보고서(각주16), 47~54면의 내용 중 일부를 저자가 번역한 것임.

- “우리는 업무활동의 안전 수준을 지속적으로 평가하고, 이를 모범 사례 및 국제적 수준과 비교한다.”
- “우리는 모든 직원이 지속적인 개선과정에 관여하여 적극적으로 참여하도록 한다.”

엄격한 관리/통제

- “우리는 당국과 안전기관 및 기타 관련 당사자들과 건설적인 소통을 유지한다.”
- “우리는 안전정책 적용의 효율성을 지속적으로 측정한다.”
- “우리는 정기적으로 외부감사를 실시하고, 국제적 비교측정을 수행한다.”

2. 안전문화(Safety Culture)

원칙1: 원자력안전정책(Nuclear Safety Policy)의 공표에 따른 가치 및 행동
원자력 안전정책의 첫 번째 원칙은 “안전성=최우선”이다.

이 같은 정책은 최소한 각 건물의 입구를 비롯하여 현장의 여러 곳에 게재되어 있으며, 모든 직원은 안전성 훈련기간 동안 원자력 안전정책 문서와 해당 정책을 설명하는 특정 교과목을 할당받는다. 원자력 안전정책이 정하는 원칙을 수행하는 방식은 관리시스템에 따르게 된다.

원칙2: 원자력안전관리시스템(Nuclear Safety Management System)을 통해 수행되는 조직적 · 개별적 행동

원자력안전관리시스템은 2차적인 수준에서 높은 수준의 안전성 및 시행의 달성과함께 강력한 안전문화의 개발을 촉진시키는 방식으로 조직에 구조와 방향을 제시한다.

원자력안전관리시스템에 규정된 조직적 · 개별적 행동은 직원들에게 일종의 가이드를 제공해 주는바 이는 각 직원이 담당하고 있는 업무에

포함되어야 한다. 또한, 관리시스템은 직원들이 괴롭힘, 협박, 보복이나 차별에 대한 두려움 없이 안전문제를 제기할 수 있는 근무환경을 보장한다.

원칙3: Electrabel社의 인적(人的) 수행 정책(Human Performance Policy)

Tihange와 Doel 발전소는 2가지 접근법에 기초한 공통적인 인적 수행 정책을 발전시켜 왔다.

- 상향식 접근: 사건의 근본적인 원인을 분석(인적 요인 포함)
- 하향식 접근: 인적 성과의 수행, 안전문화에 대한 인식 및 업무 관찰 등을 분석

해당 분야의 인적 수행 정책의 효율적 수행은 투명성, 신뢰 및 존중(무비난 문화)뿐만 아니라 훈련과정을 필요로 한다.

원칙4: Electrabel社의 글로벌 원자력 안전 액션 플랜(Global Nuclear Safety Action Plan)

동 글로벌 플랜은 원자력안전관리시스템의 산물 중 하나로 향후 수년간(2011년부터 2015년까지) Electrabel의 원자력 안전 관련 주요 목표를 정하고 있으며, 이를 위한 지속적인 시행목표와 안전 개선에 특히 목적을 두고 있다. 글로벌 플랜이 정하는 목표는 다음과 같은 13개의 주제로 분류된다.

- 관리, 조직 및 집행
- 역량 및 지식 관리
- 운영
- 화재 보호
- 유지
- 엔지니어링(공학기술)

- 시설 배치관리
- 원자력 연료
- 경험적 피드백 운영
- 방사선 보호
- 비상사태 계획
- 화학
- 현장 보안 및 확산 방지

Electrabel은 이 같은 글로벌 플랜과 함께 자체적으로 안전 관련 처리 방식을 통합하고, 안전문화를 개선하기 위한 명확한 목표를 표명하고 있는데, 특히 안전문화와 관련하여 원자력 안전 2011-2015 플랜은 다음과 같은 내용을 담고 있다.

“무사고 운영의 달성을 위해서는 강력한 안전문화가 필수적이다. 이는 구성원 모두가 실제적으로 원자력 안전에 개인적 책임감을 가지며, 인적 수행의 탁월성에 기여함을 의미한다. 이 같은 목표를 달성하기 위해 우리는 향후 5년에 걸쳐 다음의 사항을 수행하여야 한다.”

- 문제해결을 위한 개인적 책임감의 심화: 효율적인 리더십은 빠른 의사결정과 모든 구성원이 이 같은 목표에 기여하면서 긍정적인 결과를 이끌어 낼 수 있는 개별적인 책임감을 필요로 한다.
- 원자력 안전 실패와 관련하여 무관용 정책 적용에 대한 지시 및 기대 준수를 강화하기 위하여 현장 관리자의 증가 및 배치 확보
- 최상의 전력공급 서비스를 제공하기 위해 이에 부합하는 수준 또는 이를 넘어서는 절차와 그 준수를 확보하고, 엄격한 처리방식을 적용하며, 위기분석을 채택하고, 보수적인 의사결정 과정을 이용하며, 깊이 있는 방어원칙의 적용을 보장하고, 내부적 및 독립적 외부사찰을 수행하며, 사전 업무브리핑과 사후 검토과정을 통한 현장운영 피드백을 채택하기 위해 보다 개선된 시행방법과 인적 오류를 줄여 줄 수단을 통해 인적 성과의 수행과 관련된 일반적 행동의 개선

3. 조 직

Electrabel의 원자력 활동은 ① 회사 레벨(Corporate level), ② 사업단 위 레벨(Business Unit level), ③ 원자력 생산레벨(Nuclear Generation level) 및 ④ 원자력발전소 레벨 (Nuclear Power Plant level) 등 4단계의 구조로 관리된다.

회사 레벨(Corporate level) 부서의 원자력 안전과 관련된 가장 중요한 역할은

- Electrabel 회사 원자력 안전부서(Electrabel Corporate Nuclear Safety Department; ECNSD): 동 부서는 원자력발전소의 핵 안전 관리에 관한 효율성 평가를 담당하고 있는데, 원자력 안전전략의 결정, Electrabel 글로벌 플랜에 따른 원자력 안전 관련 조치의 조정, 원자력 안전에 관한 보고, 원자력 안전 관련 전문가의 모집 및 핵 안전의 독립적 감시와 원자력발전소에 대한 운영지원의 제공 등 6개의 과정에 관여하고 있다. ECNSD는 보건안전 및 원자력 안전담당관에게 직접 보고하는데, 해당 담당관은 법에 따라 보건물리부서(HPD)의 장이 된다. 이러한 보건안전 및 원자력 안전담당관을 통해 ECNSD는 직접적으로 CEO에게 보고한다.
- 인적자원부서(Human Resources Department)는 회사 레벨에 위치하며, 대부분 Electrabel 직원의 역량개발 및 지식관리에 초점을 두어 활동하고 있다.

원자력 생산레벨(Nuclear Generation level)에서 원자력책임자(Chief Nuclear Officer; CNO)라는 직책의 도입과 함께 생겨난 것으로 Electrabel 원자력발전소의 안전, 법적 책임 및 수행을 책임진다. 원자력 생산레벨의 주목할 만한 원자력 자산 및 프로젝트 그룹은 다음과 같다.

- 절차 및 성과관리(Process and Performance Management; PPM)부서는 회사 레벨의 품질보장과 운영경험 활동을 담당한다.
- 자산관리 및 전략(Asset Management & Strategy; AM&S)부서는 전략적 자산관리 및 일부 지원활동을 담당하는데, 주로 원자력발전소에 공통된 대규모 안전 프로젝트를 관리하고, 이들 간의 조정을 담당하고 있다.
- 원자력 연료(Nuclear Fuel) 부서는 연료취급에 관한 모든 운영과정과 새로운 연료의 조달 및 이와 관련된 모든 측면을 담당하고 있는 회사인 Synatom 관련 업무를 수행하고 있다.
- 원자력 관련 법적 책임(Nuclear Liabilities) 담당 부서는 방사능 폐기물 재고관리 및 발전소 폐쇄, 해체 전략, 법적 책임 등을 포함하여 자금조달의 정기적 평가와 최종 폐쇄 및 해제준비를 담당한다.

원자력발전소 레벨 (Nuclear Power Plant level)은 다음과 같은 5개 부서의 운영구조로 이루어져 있다.

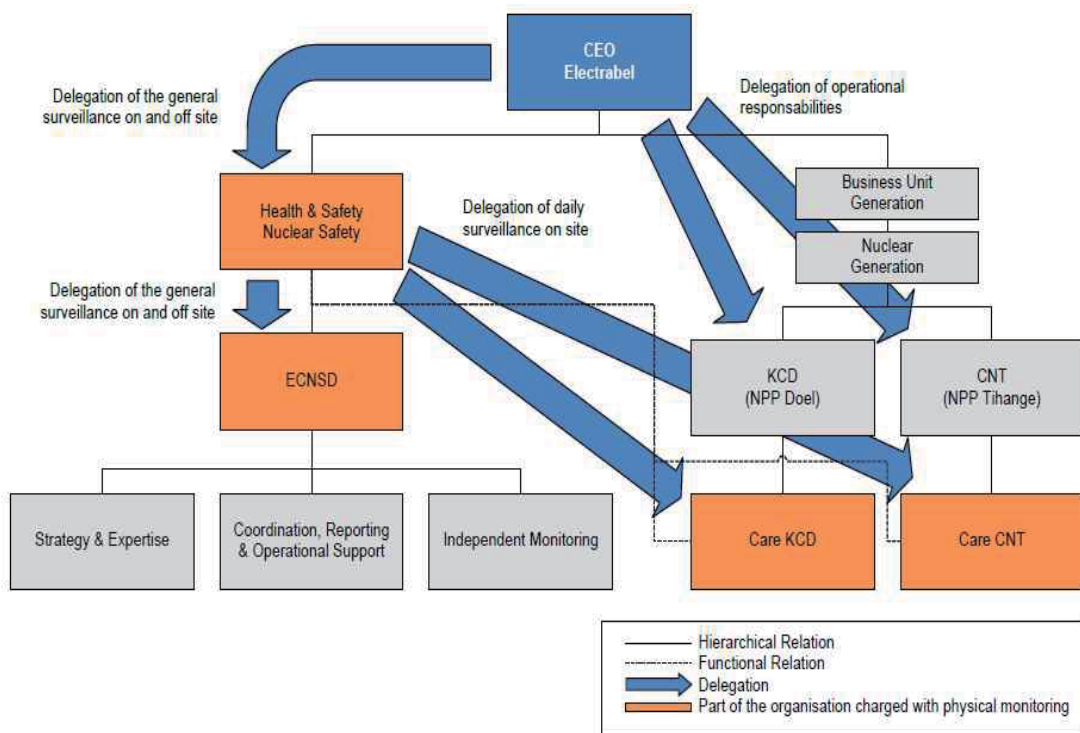
- 유지관리(Maintenance)부서는 시설 및 장비의 장·단기 이용가능성의 보장을 주요 업무로 하며, 계약근로자의 관리도 함께 담당한다.
- 운영(Operations)부서는 생산과정 및 시설의 안전한 운영을 담당한다.
- 엔지니어링 지원(Engineering Support) 부서는 현장의 수정사항과 프로젝트의 관리, 일반적인 이슈 및 장기 고려사항 관리를 담당하며, 설계 당국으로서의 권한을 갖고 전반적인 안전 설계를 기반으로 한 변경사항의 준수를 평가·확인한다.
- 지속개선(Continuous Improvement) 부서는 인적 요인 및 운영의 경험적 활동을 담당한다.
- 보호(Care Department) 부서는 방사성 보호의 감시(GRR-2001의 관점에서 보건·물리·통제), 측정, 근로자 보호(산업 안전), 화재 보

제 4 장 벨기에의 원자력발전소 안전규제절차(내용)

호, 시설의 환경 및 안전(비상사태 계획 및 준비의 확립·관리 등 포함) 등을 담당한다. 이는 중앙집중식 보건물리부서(HPD)의 지역 대표기관으로서 해당 부서로부터 적법한 권한을 위임받아 법령에서 요구하고 있는 공식적인 승인업무를 수행한다. 동 부서는 독자적인 기술점검을 통해 원자력 안전문화를 공고히 함으로써 상술한 Electrabel社의 원자력 안전부서와 연계를 형성한다.

다음은 ECNSD의 구조와 2개 현장에서 보호부서(Care Department)와의 기능적 연계 및 대응기관을 도식화 한 것이다.

<ECNSD의 구조 및 타 기관과의 기능적 연계>⁴²⁾



42) National Report, 전계보고서(각주16), 51면.

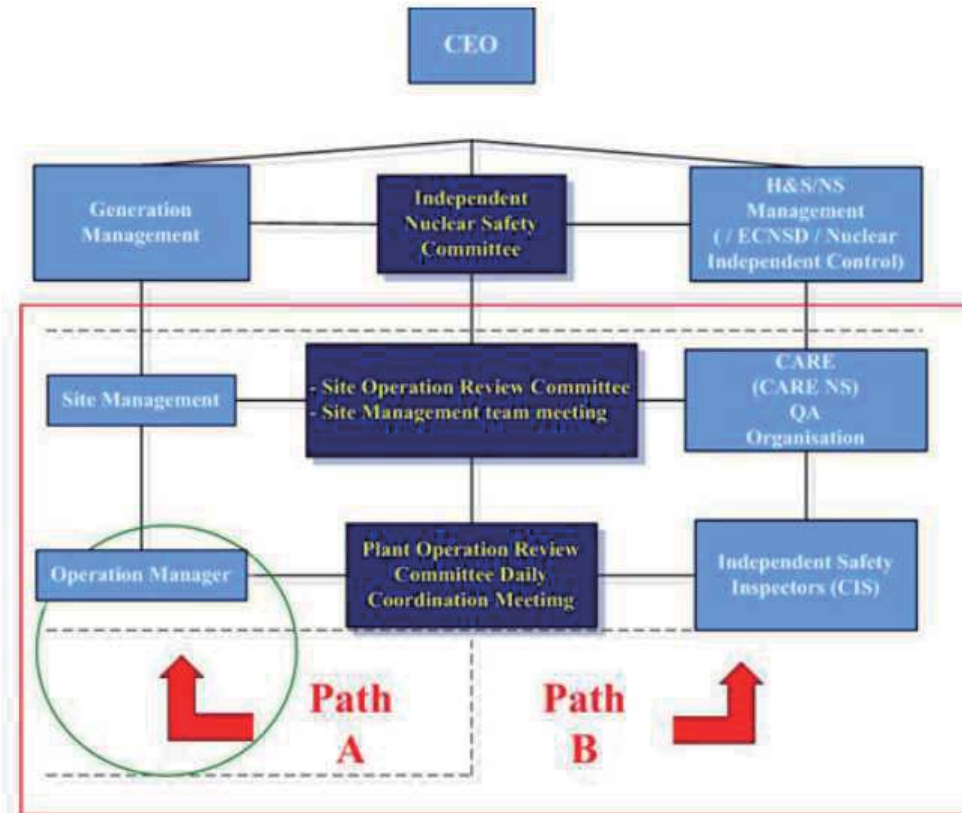
4. 정책수행에 대한 감독과 평가

안전성에 대한 내부평가는 최상의 효율성을 보장하기 위해 다양한 단계의 통제로 구성되며, 각 단계는 운영계층라인의 각기 다른 단계에 대응한다.

운영라인은 자체적인 자기평가를 수행하는데, 경로 A는 원자력 안전에 관한 최종 책임을 가정한 운영라인을 나타내고 있는 반면, 경로 B는 모니터링과 감독을 담당하고 있는 경로를 나타낸다. 특히, 경로 B는 독자적인 통제임무를 보장하기 위하여 운영계층라인과는 완전히 독립되어 있다. 즉, 3개의 독립된 품질통제레벨(QC1 · QC2 · QC3)이 있고, 1개의 품질보증레벨(QA)이 있다.

- **QA:** QA기관(기구)가 수행하며, 원자력 안전참고시스템(nuclear safety reference system)에 제시된 품질요건의 준수여부와 관리시스템의 준수여부를 모니터링한다.
- **QC1:** 운영부서(operational department)에서 수행되며, 조정(intervention)의 기술적 품질 확인과 그 과정의 준수를 통제한다.
- **QC2:** 독립적인 안전 사찰관(safety inspector)이 주요 수행지표, 내부 및 외부 운영 피드백, 벤치마킹, 수정조치(corrective action)에 대한 후속 조치, 자체평가 등과 자체 통제를 함께 이용해 원자력 안전관리의 효율성 측정과 추가 개선을 위한 제안을 제시하기 위해 수행한다.
- **QC3:** 독립적인 원자력 통제기관(Nuclear Independent Control)이 수행하며, 상술한 통제결과를 자체평가와 함께 이용해 원자력 안전에 관한 전반적인 그림을 그리고 개선사항을 제안한다.

<내부안전성평가(Internal Safety Assessment)>⁴³⁾



5. 규제기관

상술한 바와 같이 연방원자력통제청(FANC)은 방사성 물질 보호 및 원자력 안전에 관한 모든 활동에 대한 감독 및 통제를 담당하며, 방사성 물질 보호 및 원자력 안전성은 GRR-2001의 일반원칙에서도 강조된 바 있다. 특히, FANC는 2003년 말 이에 관한 「일반사찰 및 통제 정책(General Inspection and Control Policy)」을 수립하여 안전 관련 정책에 대해 상당히 구체적이고 명확한 입장을 밝히고 있는바 그 개요는 다음과 같다.

43) National Report, 전계보고서(각주16), 51면.

(1) 일반사찰 및 통제정책(General Inspection and Control Policy)의 기본원칙

사찰 및 통제는 운영자(회사)가 수행한 활동이 안전한 방식으로 행해졌음을 확인하기 위한 것으로 이러한 목적을 달성하기 위해서는 다음과 같은 사항이 필요하다.

- 운영자(회사)는 공정하고 지속적인 방식으로 추구되는 안전 및 그 개선을 위한 관리단과 정책을 보유한다. 한편에서는 사고의 방지를 위한 필수적인 조치가 취해져야 하며, 다른 한편으로는 사고의 가능성을 제한하기 위한 조치가 취해져야 한다.
- 운영자(회사)는 역량있고, 적절하게 훈련받은 직원을 배치하여야 한다.
- 운영자(회사)는 자체 시설(설비)의 설계, 건축, 운영, 유지, 폐쇄 및 해체 시의 안전성, 신뢰성 및 품질을 추구하며 보존하여야 한다.
- 운영자(회사)는 항상 규제의 모든 조항 및 허가에 규정된 운영조건을 준수하고 있다는 사실을 증명할 수 있어야 한다.
- 운영자(회사)는 국내외의 경험사례에서 교훈을 얻을 수 있는 시스템을 구축하여야 한다.

(2) 일반사찰 및 통제정책의 수행을 위한 운영조치

사찰 및 통제는 상술한 의무와 관련하여 운영자들의 잠재적인 문제, 부족사항 및 위반을 밝히기 위해 운영자(회사)의 활동을 평가하는 것을 목표로 한다. 그러나 이러한 사찰 및 통제는 자체 시설(설비)의 안전성 및 근로자·대중·환경의 보호를 보장할 운영자(회사)의 기본적이고, 전반적인 의무와 책임을 결코 해소시키지는 못한다. 일반사찰과 통제는 물질·구성부분·시스템 및 구조가 관련자의 활동·절차·역량·수행과 더불어 이온화 방사능 관련 규제 조치와 허가에 규정된 운영조건 및 전반적 안전성을 준수하고 있는지 여부를 증명하기 위해 FANC 또는

Bel V가 직접 또는 위탁하여 행한 분석, 연구, 평가, 관찰, 측정, 테스트 등의 사항을 포함한다. Bel V는 FANC의 일반정책 수행을 위한 통제 전략을 세분화하는데, FANC는 Bel V와의 협의를 통해 Bel V가 추구하게 될 목적과 지표(Bel V가 의도한 목적달성 정도를 세분화)를 확립하며, 일반사찰 및 통제정책을 정기적으로 평가한다. 이러한 기본원칙을 적용함에 있어 FANC와 Bel V는 2009년 1월 이후, 원자력시설의 사찰 및 통제를 위한 공동 전략을 개발함으로써 원자력 안전 및 방사능 보호 분야에서의 통합적 접근을 가능하게 하였다. 즉, 3년 단위의 프로그램이 규정되어 원전사업자(허가취득자)에게 전달되고, 이 프로그램을 기반으로 연간 사찰계획이 수립된다. 프로그램에 대한 수정은 매년 가능하며 전년도에 경험적 피드백을 고려하게 된다.

제 2 절 인적 자원의 관리

I. 원전사업자(허가취득자; Electrabel)의 인적(人的) 성과 프로그램⁴⁴⁾

상술한 바와 같이 인적 수행정책은 다음과 같은 2가지 접근방식에 기반을 두고 있다.

● 상향식 접근(Bottom-up Approach)

- 소프트웨어의 적용(SmartGen)에 있어서 모든 구성원은 이에 관한 제안 및 변칙사항 또는 인적 오류에 관한 보고가 장려되며, 이러한 보고는 구성원의 성과개선에 활용된다.
- 오류 및 고장의 근본원인에 대한 분석은 방어 장벽의 강화를 위해 기술적인 측면과 인적 요인을 모두 포함한다. 따라서 이 같은 분석은

44) 벨기에의 원전사업자 인적 성과프로그램에 관한 본 보고서의 내용은 National Report, 전개보고서(각주16), 61~63면의 내용 중 일부를 저자가 번역한 것임.

- 사건과 연계된 모든 일탈행동(deviations)를 강조하고 설명한다.
- 이 편차들의 실제적·잠재적 결과를 규명한다.
- 사건의 재발을 막기 위해 개선이 필요한 수정조치를 제안한다.

● **하향식 접근(Top-down Approach)**

- 하향식 인적 수행 접근은 리더십, 가치, 변화관리 및 구조적 행동 등에 기초하며, 이러한 집중은 이상적인 안전행동과 인적 오류 감소도구(HU tool) 이용 간의 통합을 극대화한다.
- 관리자 예견사항(Management expectations): HU tool은 관리자 예견사항에 관한 소책자나 특정 작업의 수행을 위한 참고자료(예컨대 사전 업무문서, 업무허가 등)에 포함되어 있으며, 영상이나 사진 등도 마련되어 있다.
- 업무관찰(Task observation): 관리자 및 감독자는 현장에서 근로사의 업무관찰을 자주 수행하는데, 그 목적은 다음과 같다.
 - 적절한 행동에 대한 평가와 일탈행동의 수정을 통해 인적 수행을 포함한 관리 예견사항의 강화
 - 일탈행동의 규명 및 정정
 - 현장과의 접촉 강화
- 의사소통(Communication): 교육훈련 기간 동안 특정 HU 의사소통 방식이 전자적 방식에 의해 게시, 뉴스속보, 영상 또는 포스터의 형식으로 제공된다.
- 교육훈련(Training): 리더와 팀 단위를 대상으로 한 워크숍(workshop)과 교육훈련이 진행되는데, 최초의 인적 수행 훈련 이후, HU훈련은 통제실 훈련 및 현장 시뮬레이터 훈련에 포함된다. 또한, HU는 개선된 자기평가 방식의 일부가 되어 운영경험과 연계하여 순환 학습을 마무리하게 된다.

1. 인적 수행 액션 플랜(Human Performance Action Plan)

Tihange 원자력발전소는 2010년~2012년의 기간 동안 인적 수행(HU) 개선플랜을 수립하였는데, 동 플랜은 다음과 같은 요소를 포함하고 있다.

- 인적 수행(HU) 프로젝트 조정위원회: 동 위원회는 매 2개월마다 열리는 회의를 통해 HU프로젝트와 관련된 모든 조치를 지시하고(목표의 설정 및 그 과정을 감독), 다양한 부서 내에서 해당 조치의 일관성이 보장되도록 한다.
- 직원 및 하청업자에 대한 훈련: 모든 직원은 1일 간 훈련에 참여하여 인적 오류가 자연적인 이유와 이를 방지하기 위한 방법(이론 50%)을 이해하고, 인적 수행 시뮬레이터 및 총체적 시뮬레이터(실습 50%)를 통해 습득된 지식을 적용한다. 또한, 하청업체 관리자들과의 회의(대표:대표 회의)가 조직되어 HU 액션플랜을 설명하며, 팀 리더들은 인적 수행 시뮬레이터에 대한 연습과 함께 특정 HU 훈련을 받는다. 하청업체의 직원들을 대상으로 한 훈련은 인적 수행 시뮬레이터 실습과 함께 2일간의 원자력 안전 단기 재교육 훈련에 포함된다.
- 현장 매니저에 대한 교육: 매니저들(실무자 및 감독자)은 업무관찰 수행을 위한 개별 교육을 받는데, 여기에는 이상적인 업무관찰 수행을 위한 예견사항을 개괄적으로 담은 새로운 소책자가 제공되어 교육기간 동안 제공된다.
- 의사소통: 의사소통은 바람직한 업무관찰 수행법을 개괄적으로 담은 소책자를 중심으로 이루어지며, 특정 HU 의사소통은 전자적 방식의 게시, 뉴스속보, 영상 또는 자기포스터를 이용해 훈련기간 동안 제공된다.

Doel 원자력발전소의 HU 개선플랜은 다음과 같은 요소들을 통해 확립되었다.

- 교육훈련: 업무인증프로그램에서 HU tool을 강조하였으며, 새로운 행동의 습득을 위한 훈련 및 인적 수행 시뮬레이터를 지속적으로 활용하였다. 또한, HU tool은 업무훈련에 통합되었으며, 화재안전 담당 직원을 위한 HU 훈련도 실시되었다.
- 코칭(Coaching): 모든 부서에 HU 코치를 인증하여 배치하고, 현존 코치에 대한 재인증 작업이 실시되었으며, 하청업체 직원을 대상으로 한 훈련 및 인적 수행 시뮬레이터를 지원하였다.
- 통합: HU tool의 구현 레벨을 나타내는 성숙도를 통해 근로자 및 자기평가 목표에 HU를 포함시켰다.

2. 인적 오류 감소도구(HU Tool)의 이용

바람직한 안전행동과 인적 오류 감소도구(HU Tool)의 이용을 통합하는 데에 정책적 목적을 두고 있다.

- 상황인식(Situation awareness): 작업장 검사, 예견 및 타임아웃(불확실한 상황이 발생한 경우, 업무시작 전 중지) 포함.
- 자기통제(Self-control): ‘정지(stop) - 사고(think) - 행동(act) - 검토(review)’의 STAR 개념 반복.
- 사전 업무브리핑(Pre-job briefing): 수행 업무를 포함한 상호 의견교환 (경험, 위기, 오류 유발자와 더불어 최악의 시나리오 고려).
- 사후 업무보고(Post-job debriefing): 업무 완결보고, 이상 징후의 통지, 충분한 서류검토, 습득한 교훈 강조(운영 경험의 입력 및 절차의 최적화) 등.
- 업무실행에 대한 외부 인증: 동료 검토(peer checks), 품질보호 및 안전성에 대한 동시적·독립적 검증.

- 효과적인 의사소통: 관련된 모든 부분을 알리는 것과 같은 이상적인 의사소통의 기본원칙 고려, 직접적인 대화의 장려, 3자간 의사소통, 음성기호를 통한 이해의 확보 등.
- 신중한 의사결정: 예상, 선택사항 평가, 가정(assumption)에 대한 검토, 보수적 의사 채택 및 팀(team) 단위의 사고 등.
- 절차의 이용과 준수: 절차가 정확히 이해되고 실행에 적용되는지 확인, 의문이 있는 경우에는 중단하고 적절한 자문과 레드마킹 이후에 한하여 변화를 시도.

3. 인적(人的) 수행 시뮬레이터(Human Performance Simulator)

Tihange와 Doel 원자력발전소는 자체적인 인적 수행 시뮬레이터장비를 갖추고 있는데, 이러한 훈련시설은 전세계 원자력발전소 운영자들에게 안전 행동(모범사례 OSART) 모델을 위한 우수한 훈련수단으로 여겨지고 있다. 이 훈련모델은 기본적으로 원자력 설비의 조정에 필요한 모든 중요부분을 포함하고 있는 이는 다음과 같다.

- 드레싱 룰: 적합한 복장으로 원자력 구역에 출입을 준비. 여기에는 의복, 선량계(dosimeter) 및 작업 전후의 오염체크가 포함된다.
- 브리핑 공간: 팀이 사전 업무를 준비하거나 조정 작업 전에 지시를 줄 수 있는 장소
- 작업도구 보관 공간: 필요도구나 여분의 장비를 보관
- 방사선 방호실: 원자력 구역 입구 옆에 위치. 직원들이 방사선방호 감독관 및 오염 모니터를 찾을 수 있는 장소
- 전기실: 전기판 및 배터리 보유 장소
- 통제실: 어느 직원이 장비를 운영할 수 있는지에 대한 통제 패널 보유 장소
- 기계실: 펌프, 밸브, 탱크 등과 같은 기계장비 보유 장소

훈련참여자는 시뮬레이션 문제 상황에 대응하고 조정 동안 겪게 되는 조건변화에 대응하면서 자신들의 안전 태도와 행동을 개선해 나간다. 조정 작업 중 각기 다른 시나리오가 훈련목적을 위해 개발되며, 훈련 과정은 비디오로 녹화되어 지도를 받고 자신들의 안전 행동을 개선한다.

II. 규제기관에 의한 안전문화의 관찰

FANC와 Bel V는 안전문화에 대한 관찰절차를 개발하고 구현했는데, 관찰은 사찰관이나 안전분석가가 원전사업자(허가취득자)과의 접촉을 통해 수행된다.⁴⁵⁾ 이러한 관찰은 관찰시트에 기재되는데 이는 사실 및 전후사정을 설명하는 것이 목적이다. 이 같은 관찰은 IAEA 표준에 기반한 안전문화 태도와 연계된다.⁴⁶⁾ Bel V의 “안전문화 코디네이터(Safety Culture coordinator)”가 매달 관찰사항을 분석하고 관찰자에게 피드백을 주는데, 중요한 불일치의 경우 원전사업자(허가취득자)가 직접 보고해야할 상황이 생길 수 있다. 또한, 안전문화 코디네이터는 분기마다 통합보고서를 제공하는데 이는 문제의 초기 징후 규명에 그 목적이 있다. 이후, 문제의 근본적인 원인을 파악하거나 특정 차원의 사찰에 집중하기 위해 더 심도 있는 발전소 수행분석을 결정할 수 있다. 이 밖에도 안전문화 코디네이터는 매년 관찰사항에 대한 상세보고서를 제공하는데 이는 지속적인 문제 징후나 모범사례를 규명하기 위한 것으로 차후 연간 사찰프로그램에 기초가 된다. 규제기관의 평가와 관련하여, 안전문화 관찰은 안전문화의 측면을 규명하고 분석하고자 하는 보다 폭넓은 관리감독 과정의 중요부분이 된다.⁴⁷⁾

45) 사찰(일상적·화제적(topical)·반응적(reactive)), 원전사업자(허가취득자)와의 회의, 훈련활동, 발전소 직원들과 다양한 레벨에서의 공식적·비공식적 논의, 서류검토, 사건보고 검토, 시행된 시정조치(corrective action)의 검토, 활동관찰 및 현장조건 등

46) IAEA/CNCR, *Guidelines for Regulatory Oversight of Safety Culture in Licensees' Organizations* (2011).

47) National Report, 전계보고서(각주16), 64면.

제 3 절 품질보증과 안전평가

I. 품질보증⁴⁸⁾

미국의 안전 관련 법령이 가장 최근의 벨기에 발전소 4곳의 초기 설계단계에 적용되면서 10 C.F.R. 50 Appendix B 요건이 해당 발전소에 채택되었고, 압력용기에 ASME 코드 품질보증 규정이 채택되었다. 또한, 50-C-QA 코드와 IAEA의 원자력안전기준프로그램(Nuclear Safety Standards Programme; NUSS) 내에서 개발된 안전 가이드라인(50-SG-QA5 포함)도 고려되었다. Doel 1·2 및 Tihange 1 발전소가 운영에 들어갈 당시, 즉 1974년~1975년에는 품질보증 형식의 수준이 요구되지 않았다. 하지만, 해당 발전소의 1차 정기 안전점검 동안 이후 발전소에 적용되었던 것과 같은 품질보증법 적용에 대한 필요성이 제기되어 1985년 이후부터는 이전 발전소의 새로운 시설, 정비, 수선 및 교체는 정식 QA 요건에 합치되게 이루어졌다.⁴⁹⁾

품질보증프로그램의 적용 책임은 시설의 운영자가 맡게 되는데 운영자는 발전소 설계 및 건축단계에서의 시운전 테스트를 포함하여 해당 테스트까지 관련 과제를 자신의 기술용역업체에 하도급을 준다. 국제관행의 발전에 따라 2006년 9월 Electrabel社は 운영시 품질보증시스템을 품질관리시스템으로 발전시켰는데, 해당 관리시스템은 이전에 적용되었던 품질보증시스템을 포함하며, 그 세부사항은 IAEA(GS-R-3: “시설 및 활동관리 시스템(The Management System for Facilities and Activities)”, 2006)가 발행한 일반적 안전요건에 기반을 두고 있다. QA 프로그램은 운영 직전의 설계 및 건축단계를 다룬 안전 분석 보고서

48) 벨기에의 원자력발전소 품질보증에 관한 본 보고서의 내용은 National Report, 전계보고서(각주16), 65~68면의 내용 중 일부를 저자가 번역한 것임.

49) National Report, 전계보고서(각주16), 65면.

제17장에 설명되어 있는데, 현재 벨기에에는 건축 중인 발전소는 없기 때문에 운영시 품질관리시스템이 어떻게 적용되는지를 보다 강조하여 다루기로 한다.⁵⁰⁾

1. 설비 및 활동 관련

품질관리시스템은 안전 관련 설비, 부품, 구조와 더불어 품질에 영향을 끼칠 수 있는 모든 활동에 적용된다. 또한, 안전 관련 활동에도 적용되는데, 예를 들어 인적 수행, 기관 수행, 안전문화, 방사성 물질 보호, 방사능 폐기물 관리, 화재 감지 및 보호, 환경 감시, 원자력연료 관리, 비상사태 시 조정 및 현장 안전 등이 포함된다. 이 같은 설비, 부품, 구조 및 활동은 품질감시 항목으로 알려져 있고, 품질감시 항목은 각 발전소의 안전분석 보고서에 규정되어 있다.⁵¹⁾

2. 품질관리시스템(Quality Management System)

(1) 목적 및 출처

Electrabel의 품질관리시스템의 원칙적 목표는 Doal과 Tihange 발전소의 안전을 일반적 접근방식과 발전소별 특유의 접근방식을 통해 보장하고 개선하는 것이다. 이러한 시스템은 관련 정책과 목표의 수립을 통해 상기 목표를 달성하게 되며, 관리시스템은 다음과 같은 규제요건과 가이드조항을 포함하고 있다.

- 해당 법령과 기준을 포함한 원자력발전소 운영 허가(license)
- 벨기에의 원자력 안전 규정
- Electrabel의 발전소 사업을 위해 채택되고 시행된 기타 국제기준 및 규정 등⁵²⁾

50) Id.

51) National Report, 전계보고서(각주16), 65면.

52) Id., 65~66면.

(2) 주요 문서

Electrabel의 관리시스템은 여러 문제에서 설명되고 있는데, 해당 문서들은 다음과 같이 포괄적 원칙뿐만 아니라 기술적 세부사항 및 일상 업무까지 다루고 있다.

- 최종안전분석보고서(Final Safety Analysis Report; FSAR) 제17.2장
- Electrabel의 내부 원자력 안전 규정
- Electrabel의 원자력 안전 참조 규정
- 시행⁵³⁾

(3) 주요 사항 및 적용

관리시스템은 국제적 수준에서 인지된 IAEA 보고서 INSAG (International Nuclear Safety Advisory Group) 13에서 설명하고 있는 안전 관리의 일반적 목적(“원자력발전소의 운영안전 관리(Management of Operational Safety in Nuclear Power Plants)”, 1999)을 포함하고 있다. 이에 해당하는 두 가지 목적은 다음과 같다.

- 모든 상황(일반적 상황, 사고상황 및 비상사태)을 고려하여 안전 절차를 설계·감독하고 모니터링함으로써 안전을 지속적으로 개선하고 보장하기 위한 기관의 역할에 집중함.
- 안전한 원자력 활동이 가능하도록 개인·팀 및 기관의 행동과 가치 및 이상적인 안전태도(safety attitude)를 개발하고 강화시킴으로써 공고한 안전문화(safety culture)를 장려하고 지원함.

관리시스템은 안전과 관련된 활동을 수행하는 모든 Electrabel 사업 부문에 적용되며, 이는 해당 기관이 Doel과 Tihange 현장의 관리 체계 내에 있지 않은 경우에도 적용된다. 또한, 각 현장에서의 별도 품질관

53) National Report, 전계보고서(각주16), 66면.

리시스템 구조는 두 곳 모두의 현장을 커버하는 단일 통합시스템으로 대체되었다. 이러한 관리시스템은 시행 이후의 평가를 통하여 지속적으로 개선되고 있는데, 이는 Electrabel의 목표에 부합될 뿐만 아니라 그 목적의 달성에도 기여하고 있다. 관리시스템의 주요 목표는 다음 사항을 통해 안전을 확보하고 강화하는 것이다.⁵⁴⁾

- 기관의 운영과 관련된 모든 필수요건을 일관성 있게 통합하는 것
 - 이 같은 필수요건을 충족하는데 필요한 계획적·체계적 조치의 설명
 - 안전에 대한 부정적 영향가능성을 배제하기 위해 건강, 환경, 보안, 품질 및 경제적 요건은 안전요건과 별도로 고려되지 않음
- 즉, 안전은 모든 기타 요건에 우선하는 관리시스템의 최우선 사항이라 할 수 있다.⁵⁵⁾

3. 원자력 안전을 위한 Electrabel의 내부 규정 및 참고사항

내부규정(Internal Code)은 Electrabel 내부의 원자력 안전정책의 수행과 관련된 모든 지침과 일반원칙을 규정하고 있는 것으로 Electrabel 社の 원자력안전부서(ECNSD)가 수립, 유지하고 있으며, Electrabel S.A.의 일상 업무에 대한 관리를 담당하고 있는 GDF SUEZ BELUS의 CEO가 승인한다. 내부규정의 목적은 다음과 같다.

- Electrabel의 관리시스템이 그 목적을 달성하기 위한 규정의 명시
- 원자력 안전관리에 관한 책임의 규정
- 원자력 안전과 관련한 모든 측면의 체계적이고 공식적인 관리 보장

또한, 원자력 안전 참고사항(the Reference for Nuclear Safety)은 안전 관리시스템의 절차상 품질보증요건을 규정함으로써 내부규정을 보완한다. 동 문서는 Electrabel 社の 원자력안전부서(ECNSD)가 수립하고

54) Id., 67면.

55) National Report, 전계보고서(각주16), 67면.

유지하며, Business Entity Generation의 장(長)이 승인한다. Electrabel의 각 사업부문은 안전참고사항이 정하는 품질보증요건의 최소 수준을 고려하여 해당 지침 및 내부규정의 일반원칙을 현지 절차 및 지침으로 전환하여야 한다.⁵⁶⁾

4. 품질보증목표 관련 훈련

다양한 업무에서 품질 관련 활동을 수행하는 모든 직원들은 품질보증목표의 달성을 위한 수단 및 품질 보증과 관련된 일반 훈련을 받게 된다. 이 훈련은 지속적으로 유지되며, 필요 시 최신화된다.⁵⁷⁾

5. 정기평가(Periodic Evaluation)

발전소운영검토위원회(Plant Operating Review Committee; PORC), 현장 운영검토위원회(Site Operating Review Committee; SORC) 및 독립원자력 안전위원회(Independent Nuclear Safety Committee; INSC)는 원자력 안전의 효율성에 대한 정기평가를 수행하며, 총 관리단(General Management)이 서면 액션플랜을 승인한다. 규제적 통제활동과 관련하여 AVN(Association Vincotte Nuclear; 현재 Bel V)는 설계, 건축 및 운영단계에서 시행되는 각 발전소의 품질관리시스템 및 사용허가 절차를 검토하고, 해당 단계 전반에 대하여 다양한 규정(10 C.F.R. 50 부록, ASME(American Society of Mechanical Engineers) Code 등)을 적용·집행한다. Bel V는 발전소가 운영되는 동안의 품질보증절차에 대한 평가를 포함하여 체계적인 사찰을 수행해 왔으며, 이러한 품질보증의 측면은 시설의 설비나 사고보고서(incident report) 등에 대한 수정사항을 점검하면서도 검토된다.⁵⁸⁾

56) Id.

57) National Report, 전계보고서(각주16), 67면.

58) Id., 67~68면.

6. 규제기관의 활동

2010년, FANC와 Bel V는 원전사업자(허가취득자)들에게 각자가 운영하고 있는 자체관리시스템과 GS-R-3의 안전가이드 요건 간의 차이를 분석하도록 요구한바 있으며, 2013년 3월 1일 발효된 2011년 11월 30일 칙령(SRNI-2011) 제5조는 원전사업자들에게 통합관리시스템의 확립을 요구하고 있다. 이에 해당 결과를 수령해 분석한 FANC와 Bel V는 2012년 말, 분석결과를 해당 원전사업자들에게 발송하고, 이들에게 2013년 말까지 GS-R-3를 충실히 준수하기 위한 필수적 수정조치를 취하도록 요구하였다.⁵⁹⁾

II. 안전평가 및 확인⁶⁰⁾

1. 정기안전검사

SRNI-2011 제14조는 각 원자력발전소에 대하여 10년 주기의 정기안전검사를 의무화하고 있으며, 이러한 정기안전검사의 일반 목표는 다음과 같다.

- 전체 출력으로 운영 시 최소한 허가취득 당시와 같은 수준의 또는 가장 최근의 정기안전검사에서의 같은 수준의 안전 수준임을 증명
- 향후 10년 간 안전 운영에 영향을 끼칠 수 있는 노후 및 마모, 기타 다른 요인에 특히 주의를 기울여 발전소 상태를 점검
- 가장 최근의 안전 관령 법령 및 관례를 고려해 현재 안전 수준의 타당성을 입증하고 필요시 적절한 개선을 제안⁶¹⁾

59) National Report, 전계보고서(각주16), 68면.

60) 벨기에의 원자력발전소 안전평가 및 확인에 관한 본 보고서의 내용은 National Report, 전계보고서(각주16), 69~72면의 내용 중 일부를 저자가 번역한 것임.

61) National Report, 전계보고서(각주16), 69면.

정기안전검사는 1985년 Doel 1·2 및 Tihange 1 발전소를 대상으로 처음 시행되었는데, 동 발전소의 설계 당시 즉, 1970년대에는 1980년~1985년 사이의 이후 벨기에 발전소들과 비교하여 안전 규정이 많지도 않았고, 충분히 상세하지도 않았다. 예컨대 물리적 분리는 엄격히 적용되지 않았고, 지진이나 사고 이후의 발전소 운영요건도 체계적이지 못했으며, 고에너지(high-energy) 배관 파손에 대한 개념도 모든 시스템에 적용되지 않았고, 외부적인 사고도 체계적으로 고려되지 못했다. 이 같은 최초의 정기안전검사는 상당히 폭넓게 진행되어 원자력발전소의 안전에 대한 깊이 있는 검토가 이루어졌는바 이는 일관성 있는 해결책의 규명뿐만 아니라 때로는 동시에 여러 문제를 해결하는 데에도 기여하였으며, 견고하게 설계되고 배치된 원자력발전소의 감시시스템을 개선하는 데에도 큰 역할을 하였다.⁶²⁾

예를 들어 Tihange 1의 경우, 발전소의 설계 당시 사용했던 원래 0.1 g 대신 0.17 g 가속도의 지진설계(Tihange 2·3의 안전 분석에서 규정한 안전폐쇄 지진 정도)를 반영하였는데, 이는 훨씬 더 정교한 건축물을 대상으로 한 지진행동 방식과 구조적 강화의 결과로 재산정한 것이다. 또한, 많은 장비와 부품의 지진 저항이 검토되어야 했고, 이는 실제 지진을 견딘 장비를 통한 경험으로부터 피드백 받은 내용을 기반으로 하였다. 마찬가지로, 인간 활동으로 인한 외부사고도 고려되었으며, 기타 다른 요소 즉, 고에너지 배관파손 대비 보호, 주요 시스템의 과중 압력 대비 보호, 화재보호 개선, 시스템의 신뢰성 개선, 여러 시뮬레이터를 갖춘 훈련센터를 통한 효과적인 운영자 훈련, 인간과 기계간 인터페이스의 개선 및 국가적·국제적 운영경험 피드백의 체계적 활용 등이 포함되었다. Doel 1·2에도 유사한 단계가 시행되었으며, 다만 동 발전소의 건축 및 설계 당시 해당 지역에서는 지진활동이 약했기 때문에 설계요건에 영향을 주는 요인으로 주진이 고려되지는 않았다.

62) National Report, 전계보고서(각주16), 69~70면.

Doel 3·4의 경우에는 미국원자력규제위원회(United States Nuclear Regulatory Commission; USNRC)의 규정 적용으로 안전폐쇄지진(Safe Shutdown Earthquake; SSE)의 경우로 최소 0.1 g를 추가하였다. Doel 1·2의 경우에도 최소 0.1 g 요건을 제외하고 SSE 정의가 같은 방식으로 적용되었다.⁶³⁾

Tihange 1의 경우, 이를 통해 건축물과 장비의 저항력이 검토되었고, 외부원인으로 인한 사고에 대처하기 위해 벙커식의 내진건물이 건립되었으며, 비상세이프가드시스템(emergency safe guard system)을 갖춰 주요 물 보유량 유지, 원자로 미임계 및 잔여 열 제거의 보장, 전자적 보조건축물의 화재(주통제실의 손상 포함), 완전한 전력손실, SSE 및 고에너지 배관파손 등과 같은 사고에 대한 대처를 가능하게 하였다. 이 같은 방식을 통해 발전소의 안전수준이 가장 현대적인 발전소의 수준에 근접하게 상승하였고, 모든 분석이 안전 관련 법령에 따라 시행되었으며, 다양한 시스템의 신뢰성 분석을 통해 보완되었다. 이 같은 안전검사에는 국가적 및 국제적 피드백도 검토되었는데, 발전소의 운영 중 또는 폐쇄상태 동안 이루어진 안전 관련 연구결과가 고려되었고, 예방 및 완화조치를 도출하기 위해 상당한 사고결과들이 분석되었으며, 구조 및 장비의 노화상태가 요건 문제와 더불어 평가되었고, 설계 기반 사고로 여겨지는 사고분야가 확장되었다.⁶⁴⁾

2. 시설 운영기간 중의 안전 관련 활동

원자력발전소 운영업체는 경험적 피드백을 통해 시설에 대한 변경사항을 예상하거나 증기발생기 대체 또는 전력의 증강과 같은 주요 프로젝트를 실시하게 되는데, 이 같은 활동은 정기안전검사와 관련된 사항에 추가하여 수행하게 된다. 시설에 대한 변경사항의 제안은 운

63) Id., 70면.

64) National Report, 전계보고서(각주16), 70면.

영업체의 보건물리부서(HPD)가 점검하며, 당해 운영업체는 Bel V 사찰관과 이를 논의한다. 각 제안은 다음 3가지 범주로 분류된다.⁶⁵⁾

- 발전소의 기본적 특성을 변경하는 주요 변경사항

이 같은 변경사항은 GRR-2001 제6조에 따른 허가신청의 대상이 된다. 즉, 주요 변경사항에는 새로운 허가신청이 필요하게 되는데, Bel V가 수행한 안전분석이 FANC와 FANC의 과학위원회(Scientific Council)에 제출되고, 동 위원회는 변경사항의 허용가능성에 대한 결론을 도출하여 필요시 추가 운영조건을 제안한다. 이에 FANC는 당국의 새로운 칙령을 준비하고 최종적으로 내무부장관과 국왕이 서명하게 된다. 변경사항의 수행은 보건물리부서(HPD)가 승인하게 되는데, Bel V는 당국의 칙령에 부합하는지 여부를 확인한다.

- 안전에 대한 잠재적 영향력을 갖고 있는 변경사항

원전사업자(허가취득자)의 요청 부서가 변경사항의 정당성을 표명하고 이를 제시하면, 보건물리부서를 비롯한 종합팀(multidisciplinary team)이 해당 제안의 기술적 장점을 검토하고, 유관 부서의 승인 이후 원전사업자의 경영진에 제출되며, 여기서 제안된 변경사항의 최종연구 지속 여부가 결정된다. 이후, 연구가 완료되고 보건물리부서와 Bel V 양측의 승인을 통해 변경사항의 시행이 준비된다. 따라서 해당 변경사항은 Bel V의 사찰단과 그 기술책임센터(technical responsibility centre)가 검토하고, 이에 따라 변경사항이 반영될 수 있다. 보건물리부서는 모든 파일과 절차 및 안전분석보고서가 최신화 된 때에 공식적으로 해당 변경사항을 승인하고, Bel V는 이 때 최종 보고서를 발행한다. 이 같은 변경사항은 하드웨어적 변경사항 또는 조직적 관점에서의 변경사항이 될 수 있다.

65) Id., 71면.

- 안전에 영향이 없는 변경사항

이 같은 변경사항은 안전분석보고서의 변경을 수반하지 않고, 시설의 모든 안전규정을 준수하고 있는 것으로 Bel V의 공식적인 관여 없이 해당 발전소의 보건물리부서의 승인만으로 반영된다.⁶⁶⁾

3. 변경사항에 대한 연구

변경사항과 관련된 연구나 정기안전검사의 범위 내에서 착수된 특정 연구는 대단히 중요하기 때문에 자체적으로 구체화된 구조를 갖춘 프로젝트로서 다루어진다.

- 심각한 사고분석(Severe Accident Analysis): 내부적 과중압력 시 용기의 궁극적 억제력, 격납고 수소증가 방지용 재결합기(recombiner) 시설(벨기에의 모든 원자력발전소에 설치되어 있음), 운영 중 또는 폐쇄상태 동안의 반응성 사고(reactivity accident)
- 전력 증가 및 연소사이클 확장 연구
- 기술적, 중성자 및 열-수력 호환성 관련 세부 연구가 필요한 혼합 노심 사용(각기 다른 공급업자가 제공하는 원자력 연료 집합체의 노심에 존재)
- 전력의 증가와 관계없는 증기발생기의 대체
- 소프트웨어의 자격요건과 관련된 기술적 노후 시스템의 대체(정비 및 통제시스템)
- 안전과 관련된 구조, 시스템 및 부품이 적절한 상태를 유지하도록 하는 통합적 노후관리시스템의 확립
- 홍수, 화재 등 내부위험을 포함한 확률론적 안전분석(Probabilistic Safety Analysis; PSA) 모델의 확장
- 원자력발전소에 대한 변경사항 평가 보완을 위한 PSA 모델의 운영상 활용 등⁶⁷⁾

66) National Report, 전계보고서(각주16), 71면.

4. 확인프로그램

기술적 상세사항(technical specifications; 안전분석보고서 제16장)은 허가절차 시에 검토되는데, 이들에 대한 운영 중 수정사항은 운영업체의 보건물리부서와 Bel V의 승인대상인 변경수정사항에 해당한다.⁶⁸⁾ 이 같은 기술적 상세사항은 정기안전검사의 틀에서 검토되며, 각 원자력발전소가 운영되는 동안 최소한 1회 이상 완전히 재작성된다. 상세사항은 발전소의 각 상태, 운영상의 한계 및 조건을 제시하는데, 한계가 확장된 경우에 취해진 조치도 상세히 설명하고 있으며, 실시된 사찰(inspection) 및 시험(test), 해당 기간 등도 리스트화하고 있다. 특히, 다음과 같은 구체적인 프로그램이 구축되어 있다.

- ASME 규정이 요구하는 검사 및 테스트
- 증기발생기 튜브에 대한 사찰 및 보수
- 화재 보호
- 환기필터에 대한 테스트
- 주요 펌프 플라이휠(fly-wheel)에 대한 사찰
- 압력용기의 방사능 샘플 점검⁶⁹⁾

각각의 안전 관련 장비는 모든 품질시험 요건과 결과를 포함하는 품질파일로 유지되고 있으며, 이 파일에는 노후테스트 또는 경험적 피드백결과도 기록되어 있어 장비의 적절한 품질수명을 제시해 준다. 적정 품질수명은 해당 장비의 대체주기를 결정하고, 이는 실제 운영 조건 상의 기능 및 해당 장비의 위치에 따라 재평가될 수 있다. 원자로 냉각수의 압력경계는 특정한 방식으로 다루어지는데, 이는 원래

67) National Report, 전계보고서(각주16), 71~72면.

68) National Report, 전계보고서(각주16), 72면.

69) Id.

일반 운영, 부수적 운영, 사고 운영 동안 제한된 과도기를 고려하여 최소 이용수명을 보장하기 위해 설계되었다. 원자로 용기에 관해서는 전이 온도 진화(transition temperature evolution; NDT)에 따라 방사선샘플 회수프로그램을 기반으로 모니터링되며, 설계과도(design transient) 발생비율은 Bel V의 면밀한 감독 하에 엄격히 기록된다. 안전에 중요한 모든 수동 부품뿐만 아니라 발전소의 유용성에 중요한 부품들에 대하여 부품의 재고를 예상하고, 이 부품들의 수명에 영향을 미치는 모든 현상을 체계적인 방식으로 체크한다. 운영 중인 사찰프로그램은 사찰에 필요한 전문적인 자격을 갖춘 직원이 지속적으로 시행하고, 발전소의 전력 운영 동안 또는 폐쇄 상태에서 수행된다. 상기의 모든 테스트와 사찰은 충분히 구체화되고 문서화된 절차에 따라 수행된다.⁷⁰⁾

제 4 절 방사선 방호

I. 규 정

2001년 7월 20일 칙령(GRR-2001)은 제3장에서 방사능 물질 보호에 관하여 다루고 있는바 우선 제20조가 업무수행, 보호의 최적화 및 개인 노출량의 제한 등에 대하여 규정함으로써 기본적 원칙을 천명하고 있다. 이어 제23조는 보건물리부서(HPD)의 주요 역할에 대하여 정하면서 다른 임무들 중에서도 해당 기관의 방사성 방출과 관련한 기록 유지를 포함하여 방사성 보호의 운영을 위해 필수적 수단이 되는 감독책임을 맡고 있다.⁷¹⁾

70) National Report, 전계보고서(각주16), 72면.

71) Id., 74면.

II. 설 계

1963년 2월 28일 칙령(GRR-1963) 제3장 “일반적 보호(General Protection)” 편은 벨기에의 법제 중에서 방사성 보호원칙을 최초로 정하고 있다. 이에 벨기에에서의 원자력발전소 설계는 해당 규정에 따라 시행되었고, 미국의 규정 또한 준수하고 있는데 특히, 10 C.F.R. 50 첨부(Appendix) I 규정 및 관련 규제 가이드(Regulatory Guide) 1.21을 준수한다. 연간 평균 또는 순간치의 방출제한은 유럽위원회(European Commission) 보고서에 제시되어 있고(Euratom 조약 제37조), 안전분석보고서 제11장에서 논의된다. 주의할 사항은 벨기에의 원자력 발전소는 액상 오염수를 주요 오염수와 2차적 오염수를 모아 하나의 파이프를 통해 방출하며, 순간 제한치를 초과하는 경우에는 엄격하게 자동적으로 격리된다.⁷²⁾

III. 원자력발전소의 운영⁷³⁾

1. ALARA(As Low As Reasonably Achievable) 정책

운영상 방사성 보호프로그램은 GRR-2001 제3장과 IAEA NS-G-2.7 (2002)의 영향을 받았으며, 다음과 같은 사항을 포함하고 있다.

- 보호복 및 장비
- 훈련
- 작업장과 근로자에 대한 모니터링
- 비상사태 계획
- 보건감독
- 보호 최적화

72) National Report, 전계보고서(각주16), 74면.

73) 벨기에의 원자력발전소 운영에 관한 본 보고서의 내용은 National Report, 전계보고서(각주16), 74~80면의 내용 중 일부를 저자가 번역한 것임.

국제방사선위원회(International Commission on Radiological Protection; ICRP)의 권고사항과 96/29/EURATOM 지침(Directive)의 도입 등 여러 개선(진전)사항이 벨기에 규정에 고려되었으며, 원전사업자(허가취득자)는 이러한 규정의 시행을 예상하여 GRR-2001에 따라 자발적으로 개별근로자의 노출량을 12개월 동안 20mSv의 노출량 제한의 절반 정도로 제한하였다. 일반 대중에 대한 보호는 액상 방사성 물질과 대기 누출량의 제한을 통해 이루어지고 있는데, 이러한 제한은 유럽위원회(Eurotom 조약 제37조) 보고서에 제시되어 있고, 안전분석보고서 제11장에서 논의되고 있으며, 최대 노출량 제한은 개인의 경우 연간 1mSv 이하로 보장하고 있다.⁷⁴⁾

2. 방사선 방호 프로그램의 시행

(1) 방사선 선량 측정 결과

연간 노출량 집계의 감소를 위해 지난 수년 간 다양한 측정이 이루어 졌으며, 벨기에의 7개 원자력발전소의 평균치는 1990년~2012년 동안 꾸준한 감소세를 보이고 있다. 다음의 수치는 1974년 이후 Doel과 Tihange 지역의 총 노출량의 변화를 보여주고 있는데, 1974년과 1985년 사이의 상승은 새로운 발전소의 가동에 따른 것이며, Tihange는 1986년에 최고치를 기록했는데, 이는 첫 정기안전검사와 연계된 과도한 작업 때문이었다. Tihange 지역의 발전소가 18개월 동안 운영되면서 연료재공급을 위한 발전정지 횟수는 해마다 달라지고 있고, 이는 연간 총 노출량에 대한 변수로 작용하고 있으며, 증기발생기의 교체로 인한 발전정지로 누적 노출량에 대한 변수로 작용하고 있다.⁷⁵⁾

이 같은 노출량 수치와 더불어 Doel 원자력발전소는 오래 전부터 주요수행지표(Key Performance Indicator; KPI) 총 노출량(Collective Dose

74) National Report, 전계보고서(각주16), 74면.

75) Id., 75면.

Exposure; CDE)에 있어서 세계원자력발전사업자협회(World Association of Nuclear Operator; WANO)의 최상위 4분위에 랭크되고 있으며, Tihange의 원자력발전소도 추가적인 노력으로 2008년 이후 이에 속하게 되었다. 적절한 방사선 방호의 수행은 다음과 같은 주요 변수를 포함하는 여러 변수의 최적화를 통해 달성된다.⁷⁶⁾

- 방사선원(放射線源; 노출을 및 오염)
- 노출시간
- 근로자 및 작업장에 대한 모니터링
- 방사선원으로부터의 거리
- 방호수단(차단 · 방호복)

(2) 방사선원(Radiation Source; 放射線源) 감소

주요 시스템의 화학적 조건화절차(chemical conditioning procedure)는 오염된 시스템으로 인한 노출률을 감소시키는데 효과적인 것으로 입증된 노심연료 재공급 발전정지 준비에 적용된다. 2007년~2009년의 기간 동안 연료오작동 통계가 다소 증가하는 추세를 보여 Electrabel은 이를 개선하기 위해 다음과 같은 추가적인 노력을 기울였고, 2009년 이후부터는 그 효율성이 입증되었다.⁷⁷⁾

- 연료부품의 품질에 대한 각별한 주의
- 강력한 외부 물질 배제(Foreign Material Exclusion) 프로그램의 개발
- 강력한 누출 추적 프로그램의 개발

또한, 2007년 이후부터는 관련 모니터링과 연계된 작업장의 방사성 물질 제거를 위해 각별한 노력을 기울여 왔으며, 현재 Electrabel의 전체 시설에는 다음과 같은 오염방지 조치가 취해졌다.

76) National Report, 전계보고서(각주16), 75면.

77) Id., 76면.

- RCA 룬의 97% 이상이 방사성 물질이 제거된 상태
- 방사성 통제구역 출구의 잔여 개별 오염율은 1%~1.5% 정도⁷⁸⁾

(3) 근로자와 작업장에 대한 모니터

발전정지 동안 대표(표본) 지역에서 현장의 표면 오염도에 대한 체계적인 측정이 매일 시행되며, 만약 문제가 발생하는 경우 즉각적인 오염제거 조치가 취해진다. 통제구역 내의 시설관리 활동은 극도의 효율성이 추구하고, 체적 활동(volumic activity; 미세입자, 요오드, 가스 등)의 측정을 위한 추가적인 휴대수단이 원자로 건물의 풀플로어(pool floor)와 증기발생기의 잠금장치 접근구역에 설치된다. 2007년 이후, Electrabel은 방사성 물질 제거 모니터링을 개선해 왔는데, 여기에는 오염가능성이 있는 작업 현장의 방사성 물질 제거 모니터링을 포함해 방사선 통제구역 출구에서의 오염된 개인에 대한 모니터링과 오염원의 추적 및 제거작업이 함께 이루어졌다. 주요 부분 및 주변 노출율에 대한 표시는 작업수행에 있어서 주변의 방사성 물질상태를 작업자들에게 알려주는 역할을 하는데, 특정 지역에는 방사선방호부서(Radiological Protection Department)의 별도 허가 없이는 접근이 불가능하다. 특정한 ALARA 표시는 아주 낮은 노출율 지역을 표시하는데 (“green” area), 이는 작업자들이 확인된 대피소로 이용할 수 있다. 작업자 개인에 대한 방사선량 측정은 수동·능동 선량측정계를 함께 장착하여 측정하는데, 후자는 과도한 노출량 및 노출률에 처했을 때 작업형태에 따라 작업자에게 경고를 주기 위함이다. 발전정지 기간 동안 실제 선량측정 추이와 예상 선량측정 추이가 매일 검토되고, 중요한 편차가 분석되어 수정조치를 취하게 된다. 2012년 1월 1일, Tihange 원자력발전소는 노후된 수동 필름 선량측정기를 최첨단의 Optically

78) Id.

Stimulated Luminescent (OSL) 선량측정기로 교체하였다.⁷⁹⁾

(4) 방호 수단

노심연료의 재충전을 위한 발전정지 기간 동안 다양한 지역에 방호 시설이 체계적으로 설치되는데, 증기발생기와 주요 펌프 사이에 주요 펌프 셀 플로어(primary pump cell floor), 압력용기 헤드부분 주위에 용기에 압력을 푼 파이핑(vessel-well decompression piping), 고열 관통 구역 통로, 통로와 대기구역 및 증기발생기의 핸드홀(hand-hole) 등이 그것이다. 이에 더하여 작업규모에 따라 필요시 압력 돔(pressuriser dome), 밸브, 감지된 고열부분 등과 같은 특별 방호시설도 설치된다. 방호복은 방사성 통제구역 일반입구와 호흡 보호복이 필요한 작업 모두의 경우에 필요할 것으로 예상된다.⁸⁰⁾

(5) 노출시간 감소

노출시간의 감소는 다음과 같은 적정 조치를 통해 달성된다.

- 작업자들을 대상으로 한 방사선 방호 및 원자력 안전에 대한 훈련을 통하여 이에 대한 경각심을 인식시킴.
- 사전 업무브리핑(pre-job briefing)
- 보완시설(make-up facilities)에 대한 교육훈련
- 경험적 피드백 등⁸¹⁾

(6) 방사선원(Radiation Source; 放射線源)으로부터의 거리

방사선원으로부터 거리를 유지하는 것은 작업 준비사항으로 고려되며, 모니터링 시스템 및 관련 데이터베이스의 지원을 받는다.

79) National Report, 전계보고서(각주16), 76면.

80) National Report, 전계보고서(각주16), 76~77면.

81) Id., 77면.

3. 방사능 방출

방사능 방출은 환경을 고려하여 승인되고 통제된 방출에 한하는바 당국이 설정한 제한 한도 내이어야 하며, 운영방출 제한이 있는데 이는 운영자, 보건물리부서, Bel V 및 FANC에 대한 통지제도와 연관되어 있다. GRR-2001 제81.2조에 따라 현재 승인된 방출제한(기체 및 액상누출)은 2002년 이후 재평가된 것으로 동 평가는 2006년 12월 FANC의 과학위원회가 동의한 것이다.

2011년 1월 1일 이후, 방사성 물질의 방출은 2004/2 Euratom 권고사항 및 ISO 11929 기준에 영향을 받은 새로운 방식에 따라 벨기에 안전당국에 보고되어야 한다. 이 같은 새로운 접근법의 영향은 상당한데, 이는 해당 방법론이 자동적으로 방출수치를 증가시키는 장치의 감지수준 이하로 동위원소에 대한 보수적 발표를 요구하고 있기 때문이다.

- 요오드(Iodine) 방출: 10% 이상 증가
- 미세입자(Aerosols) 방출: 두 현장 모두에서 총 100MBq/year 이상. 약 20개의 동위원소들이 감지수준을 밀돌았고, 고정된 양으로 발표되어야 한다는 사실 때문.
- 액상(Liquid) 방출: 두 현장 모두의 경우에 이전 발표 값의 약 2배.
- 트리튬(Tritium) 방출: 주요 변화 없음.⁸²⁾

효율적으로 취해진 방출은 제한 값의 일부 퍼센트 정도에만 해당하는데, 트리튬의 경우 제한 값은 유사한 발전소의 운영경험에 기초해 제한 값이 선택되었다. 환경에 대한 방사능 모니터링 및 공공보건영향평가는 FANC가 관리하고 설정한 프로그램에 따라 수행되며, GRR-2001 제17조에 규정되어 있다. 공익사업체에 의해 수행되는 발전소 인근의 감시프로그램은 현재 개발 중이다.⁸³⁾

82) National Report, 전계보고서(각주16), 77면.

83) Id.

제 5 절 비상사태에 대한 대비

I. 규제 체계

1963년 2월 28일 칙령(GRR-1963)은 제72조에서 심각한 방사성 리스크를 가진 규제대상 시설에 대하여 초기부터 비상사태 대비계획을 의무화하도록 정하고 있으며, 이는 GRR-2001로 대체되었다. 또한, 2003년 10월 17일 칙령은 벨기에에서의 원자력 및 방사성 물질 비상사태 플랜을 규정하고 있는데, 이에 대하여는 제3장 제4절에서 상술한 바와 같다.⁸⁴⁾

II. 비상사태 시 비상대책기구의 운영⁸⁵⁾

1. 비상사태의 분류

2003년 10월 17일 칙령은 비상사태의 통보에 관하여 그 심각도에 따라 N1에서 N3까지 3단계의 수준을 정하고 있으며, 원자력발전소 운영자는 내무부 산하의 정부중앙기구(Government Centre for Coordination and Emergencies; CGCCR)에 대한 경고통보 시 이를 이용하여야 한다. 또한, 네 번째 통보수준(“reflex” 수준 또는 NR)에 대하여는 매우 신속한 처리가 요구되는데, 이는 4시간 이내에 대중에게 방사성 노출이 일어날 수 있는 경우로서 비상사태 관련 기관이 활동을 개시할 때까지 지방당국(해당 지방 주지사)이 조치를 취하게 된다. 이렇게 reflex단계에서 취해진 “자동적(automatic)” 보호조치는 경고(warning), 대피(sheltering) 및 사전에 설정된 “reflex zone”에서의 사건청취(keep listening)로 제한된다. 일단 위기 관련 조직 및 위원회가 설치되어 운영되면, 당국의 비상사태 담당국장(Emergency Director)이 reflex단계의 해제여부를 결

84) National Report, 전계보고서(각주16), 81면.

85) 벨기에의 원자력비상사태 시 비상대책기구의 운영에 관한 본 보고서의 내용은 National Report, 전계보고서(각주16), 81~89면의 내용 중 일부를 저자가 번역한 것임.

정하게 될 것이고, 적절한 경고 단계로 이를 대체하게 된다. 이 경우, 해당 발전소가 위치한 지역의 주지사는 즉시 CGCCR에 경고사항을 통보한다. 이러한 4단계 통보수준(N1~N3 및 NR)의 각 단계에 있어서 해당 통보기준은 2003년 10월 17일 칙령이 정하고 있으며, 각각의 원자력 시설을 고려하여 사건의 특정 유형별로 통보수준이 결정되는데, 특히 reflex 통보수준의 경우에는 사전에 정해진 시나리오에 기반한 액션플랜이 마련되어 있다. 예컨대 N1 관련 기준은 “잠재적 또는 실제 시설의 안전이 저하된 경우, 현장의 환경에 대한 주요 방사성 물질 결과물의 추가적 악화가 있는 경우, 방사능 방출이 있지만 여전히 통제되고 있으며, 즉각적인 현장대피 위협은 없는 경우(대중보호, 식품 연계 또는 식수보호를 위해 요구해야 할 조치는 없음.), 현장 작업자 및 방문자 보호조치가 필요한 경우” 등과 같이 규정되어 있다.⁸⁶⁾

이러한 4개 통보수준은 각각 연방 비상사태 플랜(federal emergency plan)을 가동시키는데, 다만 4개의 수준에 더하여 “N0” 수준은 발전소의 비정상적 운영의 경우 당국에 통지하는 것으로 정해져 있고, 이는 비상사태 플랜을 가동시키지는 않는다. 모든 비상사태(N1~N3 및 NR)는 CGCCR에 통보되어야 하며, CGCCR은 연방 수준의 위기관리 관련 조직(비상사태 및 조정위원회, 평가조직, 관리조직, 정보조직, 사회경제조직)에 이에 관한 경고를 주고, 위기 상황 동안 해당 조직들을 관장한다. 당국의 비상사태 담당국장(Emergency Director)은 통지레벨(notification level)을 경고레벨(alarm level; U1~U3)로 전환시키고, 국가 비상사태 플랜(National Emergency Plan) 단계에 상응하는 조치를 취한다. UR의 경우, 해당 경고레벨은 자동적으로 취해지며, 원자력발전소가 위치한 지역의 주지사는 사전에 설정된 피해지역 주변의 reflex zone에서 즉각적인 reflex 보호조치(경고, 대피 및 지속청취)를 취하게 된다. CGCCR의 모든 조직이 갖추어지고, 활동을 시작하게 되면 당국

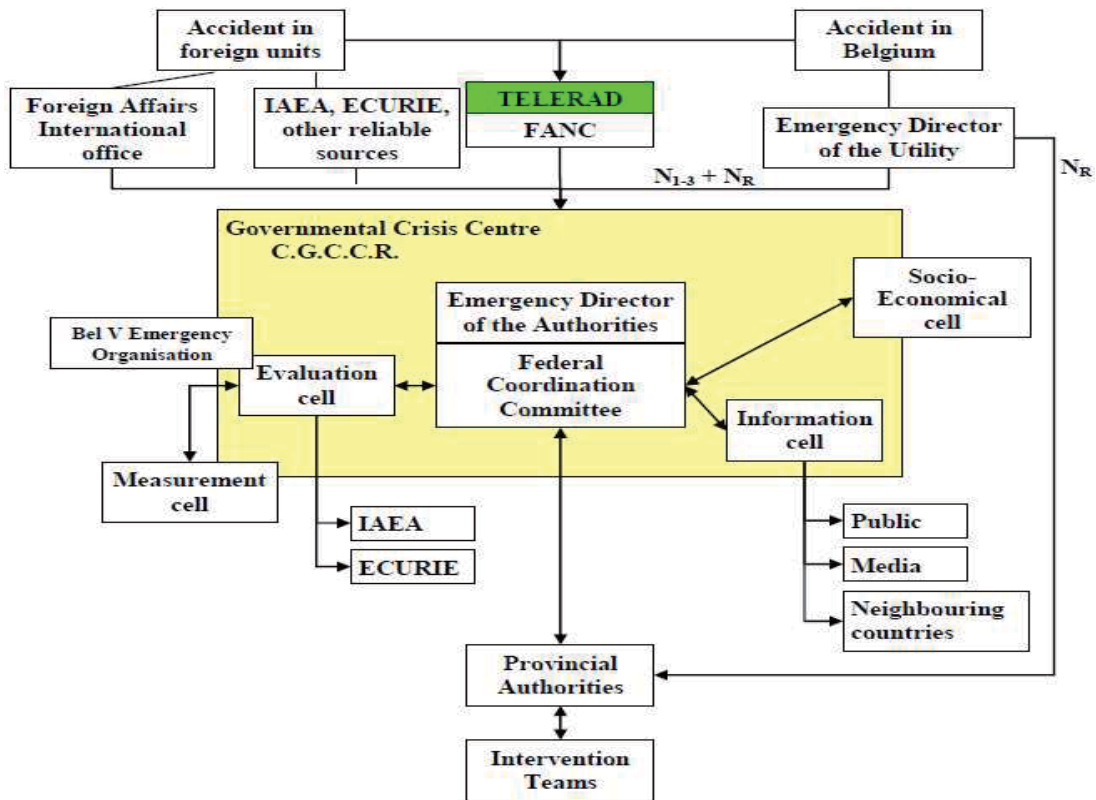
86) National Report, 전계보고서(각주16), 81면.

의 비상사태 담당국장은 상황에 대한 평가와 예상되는 결과에 따라 UR 경고레벨을 적절한 경고레벨로 전환할 것이며, 이 때 책임의 소재도 연방 내무부장관(또는 그 대리인)에게 전환된다.⁸⁷⁾

2. 비상대책기구(CGCCR)에 대한 국가 마스터 플랜

CGCCR은 당국의 비상사태 담당국장이 의장을 맡고 있는 연방조정위원회(Federal Co-ordination Committee), 평가조직(evaluation cell), 측정조직(measurement cell), 정보조직(information cell) 및 사회-경제조직(socio-economical cell)으로 구성되며, 다음과 같이 도식화된다.

<벨기에의 원자력 비상대책기구(CGCCR)>⁸⁸⁾



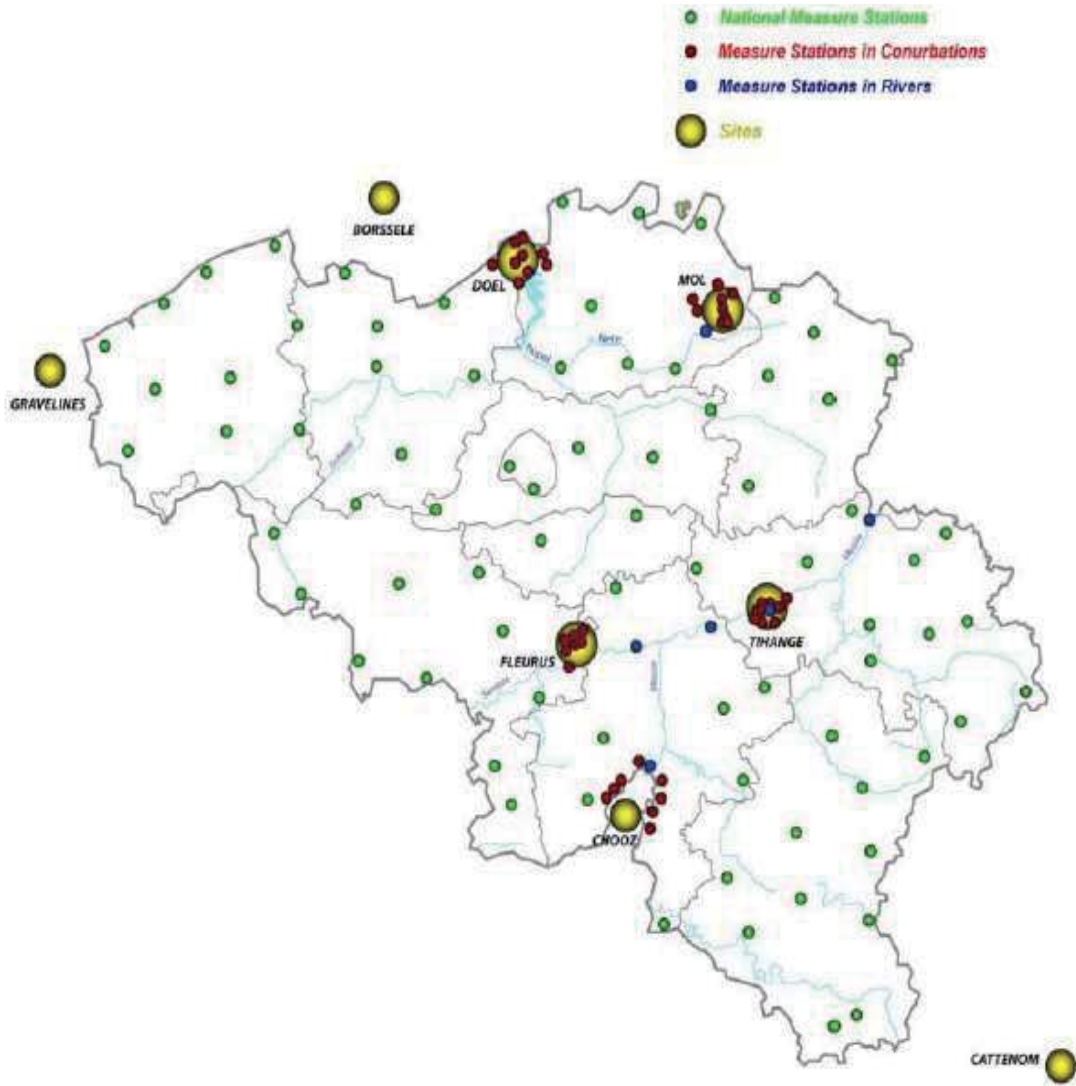
87) Id., 81~82면.

88) National Report, 전계보고서(각주16), 82면.

국외사고의 경우, CGCCR은 국가경고기관(National Warning Point)으로서 내무부장과, IAEA, 유럽위원회(유럽위원회 긴급방사성물질 정보교환시스템(European Commission Urgent Radiological Information Exchange system)을 통해) 및 기타 신뢰할 수 있는 정보원으로부터 정보를 받으며, 당국의 비상사태 담당국장도 국외 사고에 관한 국가담당자로서 IAEA와 EC로부터 정보를 받을 수 있다. 벨기에 내의 원자력 시설 사고의 경우, 운영자의 비상사태 담당자가 CGCCR에 정보를 제공하고 사고의 확산경과에 대해 알게 되는 모든 정보를 제공한다. 자동 방사성 물질 모니터링을 위한 벨기에의 TELERAD 네트워크(Belgium's Telerad network)를 통해 받은 정보는 CGCCR이 평가하는데, TELERAD는 방사성 물질의 정기측정 및 원자력 부지와 국외 사고 발생 시 방사성 물질의 측정을 주요목적으로 설립된 네트워크이다. 모니터링의 범위는 20km 망, 벨기에 원자력시설 근방의 측정소와 벨기에 국경을 따라 인근 국가 원자력발전소 근방의 측정소로 구성된다. 네트워크는 벨기에의 원자력 부지 주변에 2개의 고리형으로 배열되는데, 첫 번째 고리는 부지경계에 위치하여 주변에 잔존하고 있는 방사성 물질을 측정하며, 두 번째 고리는 근처 주거지역을 포함하여 방향에 따라 부지에서 3km~8km 정도이다. 2010년 초, 199개의 대기 중 잔존 노출을 측정소가 있었고, 미세입자의 요오드 및 β/γ 측정을 위해 7곳, 강물의 방사능 측정을 위해 6곳이 있었다. 다음 그림은 TELERAD 네트워크를 묘사한 것이다.⁸⁹⁾

89) National Report, 전계보고서(각주16), 82~83면.

<TELERAD 네트워크(network)>⁹⁰⁾



TELERAD 네트워크는 2010년~2012년 사이에 새로이 정비되었는데, 기존 노출을 측정소의 구형감지기가 새로운 GM 감지기로 교체되었으며, 원자력 부지 주변의 두 번째 고리를 좀 더 잘 커버하기 위해 상당수의 측정소가 네트워크에 추가되었다. 연방조정위원회(Federal Co-ordination Committee)는 비상사태 시 운영을 수행하는 공식적 리더로

90) National Report, 전계보고서(각주16), 83면.

서 비상사태에 대한 일반 대응전략을 마련하고, 기본적 의사결정을 담당하며(대중, 식품 또는 식수공급을 위한 직접적 보호조치의 필요성과 정도 등), 정치적 책임을 맡는다. 결정조직(Decision Cell)은 특히, 평가 조직과 사회경제 조직의 권고에 의존하며, 취해진 결정은 지역 위기센터(Provincial Crisis Centre)에 전달되어 시행되고, 이곳에서 종합 조정팀(multidisciplinary intervention team; 소방서, 민간보호, 경찰, 응급 의료서비스 등)을 관리게 된다.⁹¹⁾

평가조직(evaluation cell)은 관련 부서(특히, 조직을 관장하는 FANC), 연방 보건공공서비스(Federal Public Service of Public Health), 연방 외무공공서비스(Federal Public Service of Foreign Affairs; 국외사고 담당), 국방부, 왕실기상연구소(Royal Institute of Meteorology), Mol 원자력연구센터 전문가들 및 이들 기관을 감독하는 Bel V의 대표와 시설 운영자 대표들로 구성된다. 이 조직은 피해시설과 관련하여 제공된 정보와 측정조직(measurement cell)에서 받은 부지 밖 방사성물질 측정결과, 평가조직을 대리하는 기관의 정보를 수집하고 평가한다. 또한, 시설의 상태와 추정시간 경과 및 사건의 실제적·잠재적 영향을 평가하고, 이를 토대로 대중 및 환경보호를 위한 보호조치를 담당하는 결정조직(decision cell)에 권고사항을 제공하는데, 이 권고사항은 FANC가 2003년 11월 24일 발표한 조정 참조레벨(intervention reference level)을 기초로 상세화 되어 있다. 이 밖에도 평가조직은 초기 원자력 사고통보에 관한 컨벤션(Convention on Early Notification of a Nuclear Accident) 및 Ecurie 컨벤션에 따라 국제기구(유럽위원회, IAEA 등)와 이웃 국가와의 의사소통을 위한 관련 정보를 준비하기도 한다.⁹²⁾

측정조직(measurement cell)은 자동 방사성물질 측정 네트워크 TELERAD와 현장 팀이 전달한 현장 방사성물질 정보(외부 대기 방사,

91) National Report, 전계보고서(각주16), 83~84면.

92) Id., 84면.

저장, 샘플, 측정으로부터의 외부 방사 등)의 수집과 관련된 모든 활동을 조정하며, 이후 수집된 정보를 평가조직에 전달한다. 정보조직(information cell)은 매체와 대중 간의 의사소통 및 이웃국가와 특정 그룹과의 의사소통을 담당한다. 사회-경제조직(socio-economical cell)은 자신들의 결정에 대한 사회적·경제적 영향을 자문하는데, 연방조정위원회에 최신화된 정보를 제공해 주고, 사고 이후 단계의 관리를 보장해 주며, 신속한 일상생활로의 복귀가능성을 판단한다. CGCCR을 구성하는 이러한 조직들은 규모에 따라 관련 시설에서 시행하는 비상사태 계획훈련에 참여한다.⁹³⁾

조정 참조레벨(intervention reference level)은 2003년 11월 24일 FANC 결정으로 정해졌으며, 해당 레벨은 5~15 mSv로 24시간 동안 총 유효노출량의 예상치를 의미한다. 예를 들어 대피를 위해 모든 직접적인 노출경로(cloud shine, 흡입, ground shine 등)를 고려하여 7일(1주일) 간 총 유효 노출량 예상치는 50~150 mSv이고, 안전한 요오드 흡입의 경우 조정 참조레벨은 18세 이하의 아이들, 임산부 및 수유 여성들의 경우 10~50 mSv, 일반 성인의 경우는 50~100 mSv이다.⁹⁴⁾

3. 원자력 시설 내·외부의 비상사태 계획, 훈련 및 국제협약

벨기에의 각 원자력발전소에 대한 비상사태 계획은 안전분석보고서 제13장에 체계적으로 기술되어 있으며, 허가 당시에 승인되었고, 보완적으로 내부비상사태계획(Internal Emergency Plan)에는 상세한 지침이 담겨 있다. 이 같은 비상사태 계획은 포스트-TMI(Post-Three Mile Island) 조치로 여겨지는데, 사고발생 시 각 발전소의 현장기술센터(On Site Technical Centre; COT-Tihange / Staffkamer-Deol)가 작동하여 모든 기술적 문제를 관리하여 사고를 통제하고, 그 결과를 완화시킨다. 반면,

93) National Report, 전계보고서(각주16), 84면.

94) Id.

현장의 비상사태 운영시설(Emergency Operations Facility; COS-Tihange / NPK-Doel)은 환경적 영향을 관리하고, CGCCR과 연락을 취하며, 매체에 정보를 제공한다.⁹⁵⁾

원자력발전소는 연간 수차례 내부 훈련을 시행하는데, 민간안전 및 연방공공서비스와 내무부 산하 위기센터의 일반 지침(*general directions*)은 각 원자력발전소에 대하여 연간 1회의 내부 및 외부 훈련을 규정하고 있으며, 매 2년 마다 기타 현장에 대한 1회의 내·외부 훈련을 조직하고 있다. 연방공공서비스(*Federal Public Service*)는 목적에 따라 다양한 훈련에 관여한다(소방서, 의료원조, 경찰, 민간보호, 측정팀 등). 또한, 원자력발전소의 운영자는 해당 목적을 시험할 수 있도록 시나리오를 작성하여야 하며, 훈련기간 동안 시나리오에 따른 정보가 다양한 참가자들에게 전달된다.⁹⁶⁾

국제적 수준의 정보교환은 CGCCR을 통해 수행되며, 인접 국가의 당국과 연락을 취하는 방식인데, IAEA의 원자력사고조기경보컨벤션(*Convention on Early Notification of a Nuclear Accident*) 및 유사한 유럽연합 시스템(*ECURIE*)의 “*National Contact Point*”가 포함된다. 협약(*Agreement*)은 현지 및 지역 간에도 존재하는데, 네덜란드의 Noord Brabant 지역과 벨기에 Antwerp 지역 간의 프로토콜 약정은 네덜란드 Roosendaal 경보소(*alarm station*)와 Antwerp 경보소 간에 직통 라인을 제공해 주고 있으며, 통지레벨 N2가 결정되면 즉시 이에 대한 정보를 제공해 준다. 또한, 이 직통라인은 화학산업에 있어서 특정 사고가 발생한 경우에도 이용된다. Borssele 원자력발전소에 사고가 발생한 경우에도 네덜란드 Vlissingen과 Ghent의 경보소(*alarm station*) 간에 직통 정보교환이 이루어진다. 프랑스 정부와 벨기에 정부 간의 Chooz 원자력발전소에 대한 협약 및 사고발생 시 정보교환 체제에 따라 Tihange,

95) National Report, 전계보고서(각주16), 85면.

96) Id.

Chooz 또는 Gravelines의 원자력발전소에서 사고발생 시, 양국 간의 상호 경계경보가 이루어질 수 있으며, 이 같은 경보는 벨기에 측의 CGCCR과 프랑스 측의 CODISC(Centre operationnel de la Direction de la securite civile; 현재 “COGIC(Centre operationnel de gestion interministerielle des crises)”) 간에 이루어지게 된다.⁹⁷⁾

비상사태 시의 독립적 평가와 관련하여 피해시설을 관장하는 Bel V는 해당 현장과 CGCCR의 평가조직에 대표를 보내고, 비상사태 계획 조직을 자체적으로 가동한다. 이 같은 조직은 피해시설과 평가조직에 전화 및 팩스라인을 담당하며, 각 대표로부터 직접 제공받은 기술적 정보와 본부가 보유하고 있는 발전소에 대한 모든 정보를 기초로 상황에 대한 기술적 분석을 시행하고, 시나리오에 제시된 방출 방사성결과물을 평가하여 발전소의 예상 상황 하에서의 방출예측을 평가한다. 환경에 대한 영향평가는 운영자와 같은 컴퓨터 코드로 이루어지거나 Bel V가 개발한 틀을 통해 이루어지는데, 이는 원전사업자(허가취득자)가 제공한 결과의 유효성을 승인하기 위함이다.⁹⁸⁾

4. 일반 대중에 대한 정보 제공

GRR-2001 제72조는 89/618/Euratom 지침에 따라 대중 정보 및 훈련에 관한 모든 의무사항을 정하고 있는바 원전사고 발생 시 관련 정보는 CGCCR의 정보조직(information cell)이 매체에 전달한다. 반면, 지역 단위에서의 지방 비상사태 계획은 대중 정보전달 방식(사이렌, 메가폰 장착 경찰, 라디오, 텔레비전 등)을 포함하고 있으며, 대중에게 전하는 후속조치(대피, 피난 등)를 포함한다.⁹⁹⁾

97) National Report, 전계보고서(각주16), 85~86면.

98) Id., 86면.

99) Id., 89면.

제 6 절 부지와 설계 · 건축 및 운영

I. 부 지¹⁰⁰⁾

1. 부지선정 시 고려사항

Doel과 Tihange 원자력발전소 부지는 본래 미국 규정의 요건에 따라 평가되었다(안전분석보고서 제2장, Standard Review Plan, 10 C.F.R. 100). 이 요건들은 자연적으로 발생하는 현상(지진, 홍수, 극한 기온 등)과 인적 요인으로 발생하는 현상(산업, 환경, 운송 등)에 적용되는데, 자연현상과 관련하여

- 부지와 그 환경에 대한 지리적 특성 및 지진특성은 특별한 조사를 통해 토질의 특성과 지진 스펙트럼을 규명하여 발전소의 구조 및 시스템 설계에 기초를 제공한다.
- 뫼즈(Meuse)강(Tihange) 및 션트(Scheldt)강(Antwerp)의 수질 특성을 조사하여 홍수 리스크와 그 손실 가능성을 수치화하고, 유속 모델을 개발하여 방출된 폐수의 희석화 정도를 평가한다.
- 기상 및 기후조사는 현지 특성을 고려하여 대기 방출의 환경적 장·단기 영향평가 시 사용되는 대기 전파 및 확산 모델의 기초를 제공하며, 이는 부지 인근의 인구통계학적 조사로 보완된다.
- 당초 부지 인근의 인구밀집도와 관련한 상세기준은 없었지만, 시설 설계에서는 기존의 상황을 참작하였다. 즉, 미국원자력규제위원회(USNRC) 규정 상의 “인구저밀도지역(low population zone)”이 사실상 해당 부지 내에 존재한다. 결과적으로 사건(사고)로 인한 방사성 물질의 영향은 부지 경계 및 산정된 영향이 가장 큰 부지 외곽의 기타 지역에 거주하는 위험그룹을 대상으로 산정된다.

100) 벨기에의 원자력발전소 부지에 관한 본 보고서의 내용은 National Report, 전체 보고서(각주16), 90~93면의 내용 중 일부를 저자가 번역한 것임.

- 벨기에 원자력발전소의 설계는 격납고 누출을(주요 격납실을 위해 강철 라이너(liner)로 이중 격납)과 격납실 틈새를 통한 액상 및 기체 누출 방지를 위해 시스템에 엄격한 요건을 적용한다.¹⁰¹⁾

인적 요인으로 발생하는 외부 사건과 관련하여는

- 1975년, 부지의 인구밀도로 인해 지역의 산업 활동이 발전소에 미치는 영향을 고려하여 특정 요건이 채택되었는데, 이는 민간 및 군용비행기 추락, 가스폭발, 유독가스 구름 및 대형 화재와 같은 외부 사고에 대비한 보호이다.
- Tihange 2·3과 Doel 3·4 발전소는 상술한 외부 사고를 고려한 설계 이후, 최상의 비상사태 시스템 장비를 갖춰 자동적인 원자로 작동을 통해 3시간 가량의 고온 운전정지를 유지하여 그 이후 발전소의 냉각 운전정지를 가능하게 하고, 잔여 열기를 제거할 수 있도록 하거나 일반 통제실 또는 통제시스템의 손실 동안 고온 운전정지를 유지할 수 있도록 한다.
- 이 같은 최상의 비상사태 시스템은 “벙커식 시스템(bunkered systems)”으로 불리는데, 특별히 보강된 건물에 설치된다. 그 구성은 전용 비상 디젤발전기 세트를 통해 전력을 공급받는 자체보호 및 장비시스템과 1차적 구성요소(반응통제를 위한 붕산 함유수) 및 증기발생기 급수시스템으로 이루어져 있다.
- 비상용 열흡수원(heat sink)을 확보하기 위한 조치도 시행되었는데, Tihange 부지에서는 지하수를 끌어올릴 수 있는 깊은 착정(borewell) 우물이었는데 반해 Doel에서는 인공 호수 3곳을 조성하였다.
- 2001년 9.11 사태 이후, Electrabel과 안전 당국은 다음 사항을 도입하였다.

101) National Report, 전기보고서(각주16), 90면.

- 벨기에 원자력발전소에 대한 임의 비행충돌 사태에 대비한 고려
 - 발전소가 받게 될 충격의 유형 규명
 - 그 같은 충격의 잠재적 결과 규정
 - 면밀한 방어전략의 채택
- Doel과 Tihange 발전소 건물 각각에 미친 영향의 잠재적 결과에 관한 연구에 따르면 다음과 같은 사항을 알 수 있다.
 - 최근 4개 발전소의 초기 설계는 보잉 767기가 150%로 충돌한다고 해도 외부 격납고가 파손되지 않을 정도로 양호하다.
 - Tihange 1과 Doel 1·2 원자로 건물의 초기 설계는 최근 발전소보다 내구성이 약하다. 즉, 보잉 767 충돌 시, 안전시스템에는 영향이 없지만 외부 격납고에 일부 파손이 있을 수 있다.
 - 고온 노출 시 건물구조의 손상을 피하기 위해 석유로 인한 화재 대비가 필요하다. 이에 소방 당국 및 Bel V에 따라 새로운 장비를 구매하여 현재 운용 중이며(고압거품 소화펌프를 장착한 특수 소방차량), 규제 당국의 승인을 받았다.¹⁰²⁾

2. 부지의 특성에 대한 정기적 재평가

재평가는 각 발전소의 정기안전검사 시 체계적으로 수행된다. Doel 1·2의 첫 번째 정기안전검사 시 외부 사고가 초기 설계에 고려되지 않았기 때문에 비상사태 대비 시스템이 보강된 건물(벙커) 내에 추가적으로 설치되었다. Tihange 부지의 경우, 1970년대 초반 Tihange 1을 대상으로 처음에 고려되었던 안전 폐쇄 지진정도는 가속도 0.1g였는데, 이는 1970년대 말 Tihange 2에 대한 안전 분석 이후 0.17g로 높아졌고, 결과적으로 후자 값이 전체 부지에 적용되었다. Tihange 1의 지진 재평가는 1985년 제1차 정기안전검사 시에 행해졌다. 그 결과 특

102) National Report, 전기보고서(각주16), 90~91면.

정 건물들과 재평가된 장비의 지진 요건에 상당수 보강이 이루어 졌고(미국지진요건유용성그룹(US Seismic Qualification Utility Group)이 개발한 방법론 이용), Tihange 1의 외부 사고에 대비한 보호 검토도 수행되었다. 즉, 항공기 추락으로 인한 수용 불가능한 방사성 물질 피해의 가능성을 재평가하였는데, 건물의 특수성을 감안하였고, 가능성은 충분히 낮은 것으로 판명되었다. 각 발전소의 정기안전검사 시 연구가 진행되었고, 필요 시 운송수단(항공기 포함) 및 산업 활동으로 인한 리스크 관점에서 부지 환경을 고려하여 외부 사고 이후 잔존 리스크가 수용 가능한 상태로 유지되도록 조치를 시행하고 있다. Tihange 원자력발전소의 홍수 발생 가능성에 대비한 보호 상태는 기후변화로 인한 온도상승 가능성과 더불어 정기안전검사 체제에서 재평가 된다. 이는 부지 주변에 대한 보호에 관심을 갖게 된 계기가 되었으며, 현재 “Stress Test” 액션플랜의 일부로 시행되고 있다.¹⁰³⁾

3. 스트레스 테스트(Stress Test; 강도테스트)

후쿠시마 다이치(Fukushima Daiichi) 원전사고 이후, 원전사업자(허가취득자)에게 스트레스 테스트의 시행이 요구되었다. 즉, 원전사업자(허가취득자)는 Doel과 Tihange 부지의 안전평가보고서(Safety Evaluation Report)를 작성해서 FANC, Bel V 및 외부 전문가의 검토를 받아야 한다. 스트레스 테스트 체계에서는 기초 설계와 기존 마진(margins) 및 베틀랑끝 효과에 대한 평가가 지진, 홍수 및 악천후 조건과 같은 부지의 특성 관련 리스크와 연관돼 수행되었다. 해당 평가를 통해 액션플랜이 시행되었고, 여기에는 다음의 사항이 포함된다.

- 내진 설계의 내구성 개선을 위한 구조, 시스템 및 부품의 보강
- 홍수 기반 설계의 개선과 관련된 Tihange 부지의 주변 보호

103) National Report, 전기보고서(각주16), 91면.

- 기타 보호조치의 개선: Doel에서 민감성 건물의 체적 보호 및 절차의 채택, Tihange에서 주요 회로의 수도시설(파이프, 펌프, 추가적인 전기 디젤발전기 등), 증기발생기 및 폐연료 풀(pool), 절차 및 훈련 채택 등
- 재현기간(return period)을 감안해 우천 시 대비 토지보호 하수도 체계를 설계 시 고려되었던 것보다 훨씬 더 크게 개선¹⁰⁴⁾

4. 국제 협약

Euratom 조약 제37조는 원자력 시설 계획 시 주변 국가에 대한 통보를 의무화하고 있으며, 이는 GRR-2001 제6조에 따라 벨기에에서도 마찬가지이다. 해당 요건을 충족하도록 작성된 보고서는 벨기에 전력 발전소 허가절차에 제시된 대로 유럽위원회에 전달되며, 위원회는 “제 37조 전문가그룹”의 자문을 거쳐 Doel과 Tihange 부지에 대해 긍정적인 권고안을 제시하였다. 자기 영토가 현저한 영향을 받을 수 있는 주변국가에 바로 통보하는 것은 공공 및 민간 프로젝트의 환경영향평가에 대한 85/337/ECC 지침에 따른 의무사항이기도 하다.¹⁰⁵⁾

II. 설계 및 건축¹⁰⁶⁾

1. 설계 및 건축 관련 규정

1975년 벨기에 원자력안전위원회(Commission Speciale des Radiations Ionisantes; 현재 FANC의 과학위원회로 대체)는 차기 4곳의 발전소(Doel 3·4 & Tihange 2·3)를 건축하는데 있어서 미국원자력규제위원회(USNRC)의 규정을 따라야 하며, 외부 요인으로 인한 일부 사고는

104) National Report, 전계보고서(각주16), 92면.

105) Id.

106) 벨기에의 원자력발전소 설계 및 건축에 관한 본 보고서의 내용은 National Report, 전계보고서(각주16), 94-97면의 내용 중 일부를 저자가 번역한 것임.

설계 단계에서 고려되어야 한다고 결정하였다. 따라서 이들 발전호의 설계 및 안전분석은 그 일관성의 확보를 위해 USNRC 규정과 모든 관련 문서(regulatory guide, standard review plan, ASME(American Society of Mechanical Engineers) 규정, IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 기준, ANSI(American National Standards Institute), ANS(American Nuclear Standards) 등)에 따라 이행되었다. 다만, 방사선 보호와 관련된 10 C.F.R. 20은 따르지 않았는데, 이는 모든 유럽연합 국가에게 의무적인 기본적 안전 기준에 대한 Euratom 지침에 유사한 내용이 포함되어 있었기 때문이다. 하지만, USNRC 규정에 대한 준수는 안전분석 보고서에 문서화되어 그 차이점이 확인되고, 해명된다. 의무사항이 아닌 규정은 해당 사항이 안전 목적에 따라 어떻게 이행되었는지를 안전분석보고서에 기재한다.¹⁰⁷⁾

압력용기(pressure vessel)의 안전과 관련해서 벨기에 압력용기규정(Reglement general pour la protection du travail)에 대한 수정사항이 상제화 되었는데, 이는 ASME 규정 제3장 및 제11장을 기초로 한 미국의 규범을 원용하기 위한 것이었다. 물론, ASME 세부사항에 포함되지 않지만, 벨기에 규정에는 포함되는 일부 부품들은 여전히 벨기에 규정을 따라야 한다. ASME 규정으로의 전환은 사찰관(Inspector)과 공인사찰기관(Authorised Inspection Agency; AIA) 등을 정의하는 것과 같은 조직적 측면을 포함하기 위한 것이었고, 동시에 다른 발전소의 건축 및 시행 중인 사찰규정(프랑스 및 독일 규정 등)이 사용될 수 있는 조건을 명확히 하고 있다. 물론, 이들의 동등성(등가성)은 해명되어야 하며, 해당 해명에 대하여 AIA와 Bel V가 합의해야 한다. 상술한 바와 같이, 특별위원회(Special Commission)는 외부 요인으로 인한 사고(항공기 추락, 가스폭발, 유독가스, 대형화재 등)를 고려하도록 의무화하고 있다. 폭발에 대비한 보호는 독일규정을 기초로 하고 있으며, 항

107) National Report, 전기보고서(각주16), 94면.

공기 추락의 경우, 벙커구조는 85 m/s 속도의 90톤 가량의 민항기 충격을 견딜 수 있도록 설계되었다. 또한, 유독가스 및 폭발성가스(외부 폭발)도 설계에 고려되어 통합된다.¹⁰⁸⁾

2. 정기안전검사(Periodic Safety Review)

(1) 2007년까지의 관련 규정

정기안전검사는 각 원자력발전소의 승인에 관한 칙령에 의무사항으로 규정되어 있다. 이 같은 안전검사는 시설조건과 해당 시설에 적용되는 절차의 시행을 검토하고, 미국과 유럽연합에서 발효 중인 규정(regulations), 법규(codes) 및 관례(practices)를 비교하여야 한다. 이에 따라 발견된 차이점에 대해서는 시정조치의 필요성과 가능성이 함께 규명되어야 하며, 경우에 따라서는 개선사항 및 시행일정이 수립된다. 원전사업자(허가취득자)는 이러한 안전검사에서 검토된 사항을 보고서에 상세히 기재하여 FANC에 제출하여야 한다. 국제적인 차원에서 원자력발전소의 운영경험 피드백도 고려되었는데, 이러한 측면에서 특정 후속조치가 지속적 감독체계의 틀 내에서 아직 필수사항으로 되어 있지 않은 경우, 미국원자력규제위원회(USNRC)의 고시(Bulletins) 및 일반 회람(Generic Letters)과 더불어 기타 규제기관의 정보가 검토된다. 따라서 USNRC의 모든 규정이 자동적으로 벨기에 원자력발전소에 적용되는 것은 아니고, 미국의 규정 이외의 규정과 가이드라인 및 관행도 벨기에에서의 이행과정에 포함될 수 있다는 결론이 도출된다.¹⁰⁹⁾

(2) 2007년 이후 추가된 규정

2007년 FANC는 향후 모든 원자력발전소의 안전검사는 IAEA의 안전가이드 NS-G-2.10.을 활용해 수행하도록 요구하였다. 그 범위 및 방

108) Id.

109) National Report, 전계보고서(각주16), 95면.

법론 모두 국제평가(Global Assessment)에 따른 14개 안전요인(Safety Factors)을 이용하여 IAEA가 채택한 접근방식을 기초로 하고 있다. 안전검사의 목적은 다양한데, 검사 시 운영자는 국제법규, 기준 및 우수 사례와 관련하여 시설 및 조직의 상태를 평가하고, 강점과 약점을 규명하며, 수정가능성이 없는 약점의 경우에는 보완조치에 대해 규명하여야 한다. 결국, 평가를 통해 심층방어(Defense in Depth; DID) 개념의 안전요건이 어느 정도까지 충족되어야 하는지 제시되어야 한다(특히, 반응통제, 연료냉각 및 방사성 물질 격납에 대한 기본적 안전기능과 관련하여).¹¹⁰⁾

3. 심층방어(Defense in Depth; DID) 개념의 적용

심층방어 개념은 Framatome 및 Washingtonhouse 원자력발전소 설계의 필수 부분이고, 미국의 안전규정에도 포함되어 있다. 따라서 동 개념은 벨기에의 모든 원자력발전소에 체계적으로 적용되며, 동일한 원칙에 따라 외부 사고를 다루기 위한 모든 추가 시스템에도 적용된다. 특히, 단일-오류기준(single-failure criterion)이 적용되는데, 전통적인 설계에 따른 일반 원자력발전소(압력수 원자로)와 비교하여 외부사고의 피해를 완화시키고자 설치된 추가 시스템은 심층방어 방법의 3단계를 대폭 강화시켜 부정적으로 확산될 수 있는 특정 내부사고 발생 시 상당한 도움이 될 수 있다. 2013년, 모든 발전소에 대하여 정기안전검사 체제 내에서 저전력·폐쇄 상태 동안 국제안전평가가 시행되었다.¹¹¹⁾

4. 사고 예방 및 피해 완화

사고 예방 및 피해 완화는 벨기에 원자력발전소 설계 시에 고수되는 원칙으로 발전소의 운영변수로 인한 장애의 경우, 운영을 정상으

110) National Report, 전계보고서(각주16), 95면.

111) Id.

로 돌리기 위한 통제시스템이 가동되며, 안전 한계치에 달하는 리스크가 존재하는 경우에는 원자로 보호시스템이 해당 발전소를 폐쇄하게 된다. 기술적 안전시스템(engineered safety system)은 설계 기반 사고를 다루고, 발전소의 안전폐쇄(safe shutdown)를 위해 가동된다. 안전 분석보고서의 표준 형식에 따라 모든 장비와 통제시스템은 제7장에 기술되어 있고, 사건 및 사고에 대한 분석내용은 제15장에서 논하고 있다. 주의할 사항은 벨기에의 최근 발전소 4곳이(Doel 3·4 및 Tihange 2·3) 3개-루프(three-loop) 1000 MWe 발전소로 3개의 독립적 안전트레인(종래 전통적 설계인 상호 연결된 2개 트레인 대신)을 갖춰 설계되어 있다는 것이다.¹¹²⁾

주요 격납고가 금속 구형인 Doel 1·2와는 달리, 기타 다른 모든 발전소의 주요 격납시설은 강철선은 넣은 압축응력된 콘크리트 구조물이며, 2차적 격납시설은 모든 발전소가 강화 콘크리트로 되어 있다. 격납시설 2개 사이의 고리모양의 환형공간(annular space)은 사고발생 후 부압상태(negative pressure)에 놓여 누출이 발생하는 경우 이 누출분을 모으게 된다. 해당 환형공간에는 내부 재순환여과시스템이 있어 공기가 방출되기 이전에 재여과된다. 1990년대에는 확률론적 안전연구가 모든 벨기에 발전소를 대상으로 수행되었는데, 이 연구는 격납시설 안전성에 리스크가 발생할 수 있는 시나리오의 분석을 통해 레벨1 또는 방사선원 산정이 불가능한 경우의 레벨2 연구 중 하나를 수행하였다. 해당 연구는 폐쇄 상태 뿐만 아니라 전력 운영 중의 원자로로 고려하였고, 결과적으로 외부 사고에 대비한 보호시스템의 필요성을 보여주었다. 실제로 이 같은 시스템은 전통적인 기술적 안전시스템의 오류 시에도 작동될 수 있는바 이는 특정한 초기 사건이 점차적으로 노심용융(core melt)까지 확산될 가능성을 상당히 줄여준다.¹¹³⁾

112) National Report, 전계보고서(각주16), 95~96면.

113) Id., 96면.

정기안전검사의 최신헌화를 위해 모든 발전소를 대상으로 전력 상태와 폐쇄 상태 모두의 경우에 레벨2 분석이 진행된다. 정기안전검사의 검토와는 별도로 중대사고관리 가이드라인(severe accident management guideline)이 심층방어의 4번째 레벨 강화를 위해 모든 벨기에 발전소에 도입되었고, 이는 정기검사의 대상이 된다. 또한, 모든 벨기에 발전소는 심층방어 원칙에 따라 주요 사고에 대처하기 위한 적절한 비상사태 운영시설(emergency operating facilities)을 배치하고 있으며, 스트레스 테스트를 통한 보완대책으로 극한의 자연현상에 대처할 수 있도록 발전소의 내구성도 증강시키고 있다.¹¹⁴⁾

5. 증명된 또는 적정 기술의 적용

안전과 관련된 구조(structure)와 시스템 및 부품은 처한 상황과 운영에 따른 환경(정상(normal), 시험, 사건, 사고 등)에 맞춘 프로그램의 대상이 되며, 동일한 사항이 지진 자격요건에도 적용된다. 이 분야에 있어서의 주요 노력은 엄격한 자격요건과 지진표(seismic table) 따른 테스트를 통해 이루어 졌는데, 테스트 결과는 적정 장비의 제조기록에 포함되며, 향후 이용을 위해 통합보고서(synthetic report)에 요약된다. 설계 규정 자체와 해당 규정의 이용에 적용되는 품질보증프로그램(quality assurance programme)을 확인하고 승인하는 데에는 특별한 주의가 요구된다.¹¹⁵⁾

6. 인적(人的) 요인 및 인간과 기계 간의 인터페이스를 고려한 신뢰할 수 있고 안정적이며 통제 가능한 운영요건

벨기에의 운영업체는 원자력발전소 운영의 용이성 및 이용가능성을 높이기 위해 평상시 통제기능(control functions)에도 중복원칙을 적용

114) National Report, 전계보고서(각주16), 96면.

115) Id.

하여 오류 시의 허위시그널을 방지하고 있다. 이와 마찬가지로, 신속히 연계될 수 있는 예비용 추가 부품을 설치해 기존 부품의 이용이 불가능한 경우에도 발전소를 폐쇄할 필요가 없도록 하였다. 운영자들은 통제실(control room)에서 발전소의 어떠한 운영상의 이상 발생 가능성도 신속하게 표시창과 경고창을 통해 통보받게 되는데, 경고창은 그 중대성에 따라 색채가 코드화 되어 있다. 정상 운영 패널과 세이프가드(safe guard) 패널은 가능한 분리되어 있다. 운영자는 특정 시스템상의 변수를 추적할 수 있도록 전용 스크린이나 경고 신호와 함께 프로세스 컴퓨터(process computer)를 이용할 수 있다. 통제실에서는 각 경고에 대해 경고 카드를 이용할 수 있는데, 이를 통해 운영자는 경고의 중대성, 그 원인(예상 원인), 초기에 대응할 수 있는 자동 조치 및 필요시 운영자에게 요구되는 매뉴얼을 제시받는다.¹¹⁶⁾

TMI(Three Mile Island) 사태 이후의 조치로서 미국원자력규제위원회(USNRC)의 규제가이드(NUREG) 0737에 따라 통제실과 그 인체공학적 특성이 재평가 되는데, 운영에 사용된 기기장치는 좀 더 명확히 확인 처리되고, 통제실(또는 통제실 근접 공간)에서 안전변수표시시스템(Safety Parameter Display System; SPDS)을 운용한다. 주통제실(main control room)이 이용 불가능한 경우, 최근 발전소 4곳의 벙커 통제실 또는 이전 발전소의 경우 적절한 건물에 위치한 원격 안전 패널이 원자로의 냉각 폐쇄에 필요한 주요 시스템에 대하여 통제를 하게 되며, 원격 패널의 처리절차의 특정 부분은 벙커 통제실(또는 이와 동등한 장소)에 제시되어 있다. 또한, 벙커 통제실과 벙커의 특정 장비는 외부 요인으로 인한 사고(항공기 추락, 폭발 또는 대형 화재 등) 발생 시, 원자로를 안전 상태(대비 상태; fallback state)로 회복시켜 안전하게 냉각 폐쇄로 진행시킬 수 있는 성능을 갖고 있으며, 이런 경우를 포함하는 절차는 벙커 통제실에서 이용 가능하다.¹¹⁷⁾

116) National Report, 전계보고서(각주16), 96~97면.

117) Id., 97면.

Ⅲ. 운 영¹¹⁸⁾

1. 초기 승인 및 시운전

현재 운영 중인 7개 원자력발전소의 경우, AIO(Authorised Inspection Organisation; AVN(Association Vinçotte Nuclear), 현재의 Bel V), 벨기에 원자력안전위원회(Commission Speciale des Radiations Ionisantes; 현재 FANC의 과학위원회) 및 안전 당국(FANC)이 면밀히 점검한 이후 국왕이 승인 칙령(Royal Decree of Authorisation)에 서명하였다. 시운전 (commissioning) 테스트 프로그램은 AIO(AVN)의 논의를 거쳐 승인했는데, 이후 해당 테스트의 결과를 평가하고, 설계 준수사항을 확인하며, 테스트 프로그램의 다음 절차에 대한 승인으로 이어졌다. 동 절차는 AIO(AVN)가 전권을 갖고 발전소의 운영을 승인함으로써 마무리 되었다.¹¹⁹⁾

2. 운영한계 및 조건

상술한 바와 같이 기술적 상세사항(Technical Specifications)은 허가 체제에서 승인되며(안전분석보고서 제16장), 해당 상세사항은 운영상의 한계와 조건, 시스템의 필수요건, 테스트 및 사찰, 승인기준 미충족 시 취해지는 조치들을 세분화하고 있다. 이는 원자력발전소의 모든 단계에 적용되며, 폭넓은 배경의 명세사항이 있고, 이는 개별 직원들이 이용할 수 있다. 또한, 발전소의 정지 및 운영시 유지보수를 위한 기술적 상세사항(TS) 준수와 관련된 절차가 있는데, TS 필수요건 및 제한은 유지보수 절차에서 명확하게 다루고 있다. 발전정지 시의 엄격한

118) 벨기에의 원자력발전소 운영에 관한 본 보고서의 내용은 National Report, 전계 보고서(각주16), 98~103면의 내용 중 일부를 저자가 번역한 것임.

119) National Report, 전계보고서(각주16), 98면.

TS 준수에 대한 독립적 검토는 정전대비 활동 및 정전 시 모두의 경우에 수행되며, 이러한 검토는 연료 재공급 시의 격납시설 온전성, RHR(Residual Heat Removal) 작동 시의 열제거 시스템의 중복성 확인 등과 같은 안전 관련 기능과 더불어 장비와 관련된다. 원자력 안전에 대해 잠재적 영향을 미칠 수 있는 시설의 변경사항은 시행 이전에 보건물리부서(HPD)의 사전 승인을 받아야 하며, 이러한 관점에서 절차의 변경, 기술적 상세사항(TS)의 변경 및 안전분석보고서의 변경이 규명되고 논의된다.¹²⁰⁾

3. 운영·유지보수·사찰 및 테스트 절차

운영절차에 관한 일반적 설명은 안전분석보고서 섹션(section) 13.5에 제시되어 있으며, 절차의 완결은 절차의 확립이 반드시 필요한 부분을 열거하고 있는 규제가이드(Regulatory Guide) 1.33을 기초로 검토되었으며, 이러한 검토는 AVN의 시설허가 및 시설인도 등에서 수행되었다. 또한, 시운전 테스트 동안 운영자가 사용했던 관련 절차의 적정성이 확인되었으며, 문서관리는 Electrabel의 가이드라인과 원자력 안전 내부 규정(Internal Code for Nuclear Safety)에 기초를 두고 있는바 문서는 정책 관련 절차, 운영절차, 지시사항(instructions), 지원문서(supporting documents), 원조문서(help documents) 및 증인문서(witness documents) 등과 같은 카테고리로 분류된다. 이 중 정책 관련 절차, 운영절차 및 지시사항의 경우는 좀 더 엄격한 취급요건이 확립되었다.¹²¹⁾

4. 사건 및 사고절차

사건 및 사고관리 절차 전체는 설계용역업체와 원자력 증기공급시스템 설계자의 도움을 받아 운영자가 개발하는데, 이 절차는 전력운

120) National Report, 전계보고서(각주16), 98~99면.

121) Id., 99면.

용 시와 폐쇄 모드 두 경우 모두를 포함한다. 해당 절차는 시뮬레이터로 확인되고, 운영자 훈련에 사용되며, 정기적으로 검토되어 관련 경험 피드백이 통합된다. 벨기에의 원자력발전소는 Tihange 1을 제외하고 Westinghouse Owners Group(WOG)이 개발한 비상사태 대응 가이드라인(Emergency Response Guidelines; ERG)을 원용하여 시행하는데, 이 같은 표준절차는 발전소의 특수 부품과 시스템, 특히 외부사고 대비 보호시스템에 적용된다. ERG 절차는 다음과 같은 3가지 주요 부분으로 구성된다.

- 최상의 회복절차(최상의 회복 가이드라인; optimal recovery guidelines; ORG)-사건 기반
- 중요 안전기능 상태 트리(critical safety function status tree)
- 기능 복구절차(기능복구 가이드라인; function restoration guidelines; FRG)-증상 기반(사고 시나리오와는 별도)¹²²⁾

ORG 절차는 10-8/y 보다 큰 확률의 사건 시나리오에 기반을 두고 있는데, 주요 목표는 발전소를 복구하여 알려진 안전 상태(일반적으로 RHR 시스템 연계로 냉각 폐쇄)로 회복시키는 것이다. ORG 절차는 사건 시나리오와 직접적으로 연계된 대응, 사전 진단 및 재교육 가능성을 위한 각각의 특정 절차 내에서의 지속적 진단을 특징으로 한다. 중요 안전기능 상태 트리(critical safety function status tree)는 사건 시나리오와는 별도의 안전기능 상태를 명확히 규명하는 것으로 트리는 이 같은 기능에 대한 과제의 우선순위를 규정하고 해당 과제에 대응하기 위해 이용되는 적절한 FRG절차를 규명한다. 6개로 정의된 중요 안전기능은 다음과 같다. (1) 미임계도(subcriticality), (2) 노심냉각(core cooling), (3) 열흡수원(heat sink), (4) 주요 시스템의 통합성(integrity of the primary system), (5) 격납시설(containment) 및 (6) 주요 저장수

122) National Report, 전기보고서(각주16), 99면.

(primary water inventory). 이에 FRG 절차는 문제된 중요 안전기능의 복구에 사용된다. 이러한 ORG, 안전기능 상태 트리 및 FRG가 사건발생 시 나란히 적용되는데, 첫 번째 절차인 ORG와 안전기능 상태 트리는 운영자단(operators crew)(사건 기반 접근)에서 사용되고, 두 번째 절차인 FRG는 시프트 기술자문관(Shift Technical Advisor)(증상 기반 접근)에 의해 독립적으로 적용된다. 결국, 벨기에 원자력발전소 직원들은 이러한 사건 기반 및 증상 기반 접근을 병행해서 사용하는데, 중복 접근(ORG < > FRG)의 결합은 인적 중복성(운영자단 < > 시프트 기술자문관)과 연계되어 광범위한 사건을 다룰 수 있으며, 단순한 사건 시나리오에 최적의 대응책을 확보할 수 있다.¹²³⁾

작성된 특정 절차는 통상 운영 시 또는 폐쇄 상태에서 발생할 수 있는 지진 이후의 가이드라인을 운영자들에게 제시해 준다. 중대사고 관리절차는 WOG가 개발한 “중대사고 관리 가이드라인(Severe Accident Management Guideline)”을 기초로 한 것으로 각 발전소의 특징에 따라 시행되고 채택되며, 통제실 운영자들의 프로그램이 병행해서 개발되었다. Tihange 1의 경우, Framatome 접근방식을 따랐는데, 사고관리절차는 사건 기반과 증상 기반 접근을 통합하여 주요 안전기능 및 변수 감시에 이용하였다. 중대사고 관리절차는 다른 발전소와 같이 WOG의 가이드라인에 기반을 두고 개발되었다.¹²⁴⁾

5. 공학적 · 기술적 지원

운영자의 조직 및 노하우(organisation and know-how)는 안전분석보고서 제13장에 설명되어 있는데, 발전소의 유효 수명기간 동안 유지되어야 하며, 새로운 상황이 신규허가에 포함되지 않는 한, 확정적 폐

123) National Report, 전계보고서(각주16), 99면.

124) Id., 99~100면.

쇄 이후에도 유지되어야 한다. 공학부서(Engineering Department)는 기술지원절차(Technical Support Process)에 관한 전반적인 책임을 부담한다. 그러나 기술지원활동은 여러 감시 프로그램들로 세분화되어 있고, 각 프로그램은 특정 절차에 가장 폭넓은 지식을 보유하고 있는 부서의 지도하에 운영된다. 기타 현장 부서와 외부기관 간의 기술지원기능의 할당은 명확하게 확립되어 있으며, 공학부서는 설계 당국(design authority)으로서의 역할도 담당한다. 회사 내에서 현장은 자산관리 및 전략부서(Asset Management & Strategy (AM&S) Department)로부터 기술지원을 받는데, 동 부서는 정기안전검사의 관리와 Doel 및 Tihange에 공통적인 대규모 프로젝트 관리 및 이들의 협조 관리, 오래된 프로젝트 및 특정 안전 프로젝트의 모니터링 관리 등을 맡고 있다.¹²⁵⁾

일부 기술지원활동은 Tractebel Engineering (TE)과의 파트너십으로 수행되고 있는데, 해당 파트너십은 공동작업의 3단계를 의미한다.

- 노심보조(Core Assist): 이는 전략적·영구적·구조적 파트너십으로서 Electrable은 안전 및 허가(연구, 후속조치 등 포함), 연료관리, 규제감독, 최종안전분석보고서(Final Safety Analysis Report; FSAR)의 관리 등의 활동을 TE에 위임한다.
- 노심지원(Core Support): 이는 밀접한 협조로서 다른 공급자로부터는 유사한 품질수준을 기대할 수 없는 프로젝트에 적용된다. 예를 들어, 원자력 시설 운영 및 관리의 일반 보조, 발전소의 수명관리 연구 등이 있다.
- 가치 있는 공급자(Valuable Supplier): 이는 외부 공급업자에게 아웃소싱하는 활동을 위한 운영상 경쟁적 소비자-공급자 관계로서 반드시 TE일 필요는 없다.¹²⁶⁾

125) National Report, 전계보고서(각주16), 100면.

126) Id.

TE는 정기적으로 시행되는 증기발생기 대체프로젝트, 전력증가 프로젝트 및 일부 변경사항 프로젝트의 대부분에 대한 정기안전검사 시 연구 및 이행을 담당하여 시설의 경쟁력과 지식을 유지시키며, 스트레스 테스트(강도테스트) 및 가장 오래된 발전소의 장기간 운영 프로젝트와 같은 대규모 프로그램의 통합방식에 참여해 왔다. 또한, TE는 연료의 재공급 및 노심관리와 관련된 후속조치를 담당하고 있는데, 자체 R&D 프로젝트, 훈련조치 및 기술적 조사를 통해 최첨단 사항에 부합하는 높은 경쟁력을 유지하고 있다.¹²⁷⁾

6. 중요 사건의 통보

안전분석보고서 섹션(section) 16.6은 Bel V와 FANC에 통보되어야 하는 사건을 열거하고 있으며, 각 통보의 데드라인(deadline)을 제시하고 있다. 또한, 동일한 섹션에서 Bel V에 보고해야 하는 사례 및 그 보고시한에 대해서도 상세화하고 있는데, 사건의 중대성의 기능에 따라 시간은 “즉시”에서부터 “1개월”로 범주화 된다. IAEA INES (International Nuclear and Radiological Event Scale)의 사용은 원전사업자(허가취득자)와 FANC 및 Bel V 간의 협의를 통해 이루어지는데, 이 협의는 INES가 어떠한 환경에서 어떻게 사용되는지를 규정하고 있다. 원전사업자는 가장 최신의 INES 매뉴얼에 따라 INES 분석을 수행하여야 하며, 이 레벨은 Bel V와 FANC의 승인을 받아야 한다. INES의 레벨에 따라 일정한 통지가 발행되는데, 레벨 1 이상의 사건의 경우 FANC는 웹사이트에 간략한 통지를 게시한다. 반면, 레벨 2 이상의 사건의 경우에는 원전사업자는 FANC 웹사이트의 게시 외에 해당 사건을 언론에 공개하여야 하며, INES 국가담당관은 IAEA에 통보하게 된다. 국제사회의 관심이 필요한 사건의 경우, Bel V는 IRS(Incident

127) National Report, 전기보고서(각주16), 100면.

Reporting System) 보고서를 작성하며, 일촉즉발의 상황은 운영경험 피드백 절차를 통해 다루어진다.¹²⁸⁾

7. 운영경험 피드백(Operational Experience Feedback)

Electrabel에서 운영경험은 조직의 모든 활동과 단계에서 지원되는바 Electrabel의 지속적 개선프로그램의 일부이다. 운영경험 정책은 Electrabel에서 확립되었는데, 원자력발전소의 운영에 있어서 국제적·국가적·지역적 경험의 이용을 최적화하기 위하여 감지(detecting), 처리(processing) 및 의사소통(communicating)의 운영상 이슈를 대상으로 한 포괄적인 프로그램이 수립되었다. 운영경험(Operating Experience; OE) 절차는 다음과 같은 요인에 의해 시행될 수 있다.¹²⁹⁾

- 운영조직의 내·외부 사건, 발전소의 구조, 시스템, 부품의 상태 또는 인적·조직적 조건(보건, 행동, 관리통제, 환경 등)에서 기존에 확립된 중요 기준을 초과하는 모든 사건
- 감사 및 자체평가에서 발견된 사항
- 업무관찰(task observation) 프로그램에서 발견된 사항
- 사후 업무보고(Post-job debriefing)로부터 발견된 사항
- 발전소의 업무수행을 개선할 수 있는 잠재력을 가진 아이디어

이러한 QE 프로그램을 통해 즉각적 시정조치는 물론, 중장기 시정조치 및 개선사항 등을 도출해 낼 수 있으며, QE 피드백 프로그램(QE Feedback Programme)은 조직 전반에 걸쳐 각기 다른 단계의 이슈와 사건 및 아이디어를 공유한다.

128) Id., 100~101면.

129) National Report, 전기보고서(각주16), 101면.

- 사건 및 일촉즉발의 사건: 사건보고서(event reports)를 통한 긴박하고 형식적인 접근이 필요한 사건과 이슈들
- 낮은 수준의 사건(low level events): 업무관찰 프로그램 및 사후 업무보고 시 나타난 사건, 이슈 및 모범사례. 이 같은 사항은 연례 자체평가 뿐만 아니라 즉각적 조치에도 사용된다.¹³⁰⁾

운영경험과 관련된 정보는 인트라넷과 문서관리시스템을 통해 모든 발전소 직원들에게 접근 가능하며, 운영경험 정보의 사용은 다른 부서의 절차 및 방식으로 통합되어 업적을 자체평가하고, 숨겨진 약점을 규명하여 사전 대책을 통해 사건을 방지하게 된다.¹³¹⁾

130) Id.

131) National Report, 전계보고서(각주16), 101면.

제 5 장 결 론

제 1 절 후쿠시마 원전사고를 전후로 한 원자력 규제환경의 변화

원자력은 우리나라 전력 공급의 30% 이상을 담당하며 화석연료 수입량을 줄여주는 중요한 국가 전략 에너지산업이다.¹³²⁾ 현재 우리나라에는 총 23기의 원자력발전소가 가동 중이며, 5기가 건설 중에 있다. 중앙행정 원자력규제기관으로 원자력안전위원회(Nuclear Safety and Security Commission; NSSC)가 있으며, 안전규제 전문기관으로 복수의 원자력안전기술원(Korea Institute of Nuclear Safety; KINS)과 원자력통제기술원(Korea Institute of Nuclear Nonproliferation and Control; KINAC) 등이 있다. 국내의 원자력 안전 행정체제는 1959년 중앙부처인 ‘원자력원’으로 시작하였다가 1967년 ‘원자력청’으로 격하되었고, 1979년 미국의 TMI 사고를 계기로 정부조직상 원자력 안전개념이 중시되면서 원자력청을 폐지하고 과학기술처 산하에 원자력개발국과 원자력안전국을 두었다. 이후, 1986년 또 다시 체르노빌 원전사고가 발생하면서 원자력 안전에 대한 관심과 요구가 높아졌고, 이에 1991년, 과학기술처의 부설기관으로 있던 원자력안전센터가 정부출연기관인 원자력안전기술원으로 독립하였다.¹³³⁾ 이후에도 정부조직개편이 계속되었는데 특히 1999년과 2008년의 개편과정에서 원자력안전 규제의 독립성이 훼손되었다는 평가가 있다.¹³⁴⁾

132) 홍정석·이영준·이영철, “후쿠시마 사고 이후 원자력 정책과 R&D 동향 및 주요 이슈”, 과학기술 및 연구개발사업 동향브리프 2012-05, 한국과학기술기획평가원(KISTEP) (2012.7), 1면.

133) 박우영·이상림, 전계보고서(각주1), 70~71면.

134) Id.

관련 법제의 측면에서 보자면 후쿠시마 원전사고(2011년 3월 11일) 이전까지 우리나라는 「원자력법」으로 단일화된 법체계를 가지고 있다가 사고 이후, 안전에 대한 우려와 요구가 커짐에 따라 교육과학기술부가 IAEA의 권고를 수용하여 원자력 안전성 강화를 위해 분법 및 원자력안전위원회 강화를 위한 입법발의를 추진하였으며, 2011년 7월 「원자력진흥법」, 「원자력안전위원회법」 및 「원자력안전법」 등이 마련되었고, 원자력안전위원회가 대통령 소속으로 설치되었다. 그러나, 2013년 3월 새로운 정부가 들어서면서 원자력안전위원회는 대통령 소속의 중앙행정기관에서 총리실 산하의 위원회로 변경되었고, 위원장도 장관급에서 차관급으로 격하되었다.¹³⁵⁾

후쿠시마 원전사고를 계기로 국제적인 차원, 특히 사고발생지인 일본과 대중의 여론이 정치에 직접적인 영향을 미치는 유럽에서는 원자력 이용정책에 즉각적인 변화가 있었고, 모든 국제사회가 공통적으로 안전성 점검과 함께 종래의 안전규제체계 및 방재체계에 대한 심층 재검토에 착수하였다.¹³⁶⁾ 그러나 국가별 정책방향은 원전정책의 유지(유지, 건설추진), 재검토(정책 재검토, 건설보류) 또는 폐지 등으로 다양했다. 즉, 사고 직후 독일과 프랑스 및 베네수엘라 등은 원전의 폐지를, 일본, EU, 이탈리아, 멕시코, 태국 및 필리핀 등은 재검토를 천명한 반면, 우리나라를 포함한 대다수 국가들은 “유지”를 선택하여 현재까지 정책방향을 크게 변화시키지는 않고 있다. 벨기에의 경우도 지난 2003년과 2011년 정치적 이유로 단계적 폐지를 결정하였으나 현재까지 뚜렷한 대안 제시는 없는 상태이다.¹³⁷⁾

또한, IAEA, OECD, 유럽위원회(EC) 등의 국제기구를 중심으로 한 원자력 관련 운영규제의 강화 움직임도 있었는데, IAEA는 2011년 9월 원자력 시설에 대한 회원국들의 안전평가, 안전기준 강화, 정보공유,

135) 박우영·이상립, 전개보고서(각주1), 72면.

136) 홍정석·이영준·이영철, 전개보고서(각주30), 1면.

137) Id., 23면.

국제협력 등을 주요 내용으로 한 “IAEA 원자력 안전 행동계획(IAEA Action Plan on Nuclear Safety)”을 수립하였으며, 동 계획에 따라 후쿠시마 사고의 교훈을 반영하여 안전규제, 부지선정, 설계, 운영 등에 대한 보다 강화된 기준을 명시한 “IAEA 안전기준(IAEA Safety Standards)” 개정안을 수립하였다. EC도 후쿠시마 사고 직후인 2011년 3월 회원국들로 하여금 원자력발전소에 대한 스트레스 테스트(stress test)를 실시한 뒤 결과보고서를 제출하도록 결정하였으며, OECD 소속 기관인 NEA(Nuclear Energy Agency)는 산하 기술위원회를 중심으로 원자력 관련 안전규제 강화 등을 주제로 한 “NEA Post-후쿠시마 통합 행동전략(Integrated NEA Process for post-Fukushima Actions)”을 수립하였다.¹³⁸⁾

제 2 절 법제상의 시사점

원자력발전소의 안전성은 원전의 원활한 운영을 위해 필수적으로 확보되어야 할 가치이므로 원전의 안전성을 측정하고 그 변화를 관찰하여 안전성이 훼손되지 않도록 유지하는 것이 대단히 중요하다. 그러나 안전성이라는 것은 사고가 발생했을 때 비로소 평가할 수 있기 때문에 사전에 이를 정확히 측정하는 것은 현실적으로 불가능에 가깝다.¹³⁹⁾ 이렇듯 원전의 안전성을 측정하는 것이 어려운 일이지만, 안전성을 구성하는 요인에 대해서는 몇 가지를 고려해 볼 수 있다. 첫째, 원자력발전소의 안전성을 확보하는데 있어 가장 중요하고 기본적인 것은 원자력 운영의 기술적 완성도를 높이는 것이다. 이는 매우 불안정한 방사성 물질을 인간과 자연으로부터 기술적으로 완벽히 통제함으로써 확보될 수 있다.¹⁴⁰⁾ 특히, 후쿠시마 사고는 예상치 못한 대형

138) 국회예산정책처, 「해외 원자력발전 및 방사성폐기물 처리 관련 규제의 사례연구」, (2013.7), 10~11면.

139) 박우영 · 이상립, 전계보고서(각주1), 137면.

자연재해와 대응 미숙에서 그 원인을 찾을 수 있다는 점에서 인적 오류에 의해 발생한 과거 TMI나 체르노빌 원전사고와는 성격이 다르며, 그 점에서 가동 중인 원전과 차세대 원전의 안전성 향상을 위해 다음과 같은 기술적 보완이 우선적으로 필요함을 시사하고 있다.

- 가동중 원전의 지진과 쓰나미 등 복합 자연재난에 대한 대비 능력 강화
- 전원 소실에 영향을 받지 않고 극한 상태에서도 작동하는 계측 시스템 개발
- 원자력 연료 냉각효율 증대와 고열에서도 수소발생을 방지할 수 있는 피복관 개발
- 방사성 물질 유출 등 극한환경 작업이 가능한 원격제어 제염해체 기술 개발
- 방출된 방사성 물질의 국가단위 추적 및 환경영향 분석
- 대중 공포감 해소를 위한 저준위 방사선 영향 규명 등¹⁴¹⁾

즉, 가동 중인 원전 자체의 안전성 강화는 물론, 극한의 자연재해 등 어떠한 상황에서도 방사성 물질의 누출을 완벽하게 차단할 수 있는 기술적 보완과 원전시스템의 설계가 필요할 것이다.

그러나 아무리 완벽한 기술과 안전통제 시스템이 갖추어져 있다 하더라도 운영자(원전사업자)의 안전의식이 결여될 경우 안전이라는 가치는 확보되기 어려울 것이다. 따라서 원전의 안전한 운영을 위해서는 두 번째 요소인 원자력 안전문화가 중요하다. 하지만, 안전문화 그 자체는 강제성이 없고, 특히 원전사업자는 안전성과 수익성이 충돌할 때 안전성을 희생하면서 수익성을 확보하려는 유인을 가지게 될 것인 바 원전의 안전한 운영을 위해서는 법적·제도적 차원에서의 관리·

140) Id.

141) 홍정석·이영준·이영철, 전계보고서, 5면.

감독 즉, 철저한 안전규제시스템이 요구된다 할 것이다.¹⁴²⁾

우선, 안전규제 활동은 그 자체로서 최고의 신뢰성을 확보해야 할 필요가 있기 때문에 IAEA를 비롯한 주요 원자력 선진국에서 원자력 안전규제시스템의 독립적 운영을 권고하고 또 실행하고 있다. 다만, 국가별로 정치·사회적 여건의 차이에 따라 독립적인 원자력안전규제시스템의 형태가 상이하지만, 사고의 재발방지와 철저한 대응체계의 확립을 위해 원자력안전 규제체계를 규제업무 일원화, 독립성 강화, 위기관리의 강화, 규제 전문성과 효율성의 강화 등으로 추진하는 방향은 일치하고 있으며, 우리도 법과 제도 및 정책을 개선하는데 있어서 이를 고려해야 할 것이다.¹⁴³⁾ 이와 관련하여 우리나라도 벨기에를 포함한 외국의 사례와 같이 원자력안전규제기관의 통합의 차원에서 원자력안전규제기관(벨기에: FANC)과 단일 안전전문기관(벨기에: Bel V)으로 일원화하고, 인적 구성의 다양성 및 전문역량을 확보·유지할 수 있는 제도적 방안(개방형 직위 확대 등)을 마련해야 할 것으로 생각된다. 더불어 원전의 안전성을 최후로 방어하는 것은 결국 “사람”일 것인데, 이들의 방호 능력을 키울 수 있는 여건을 규제기관이 마련해 주어야 할 것이다. 예컨대 일선 근로자들이 현장에서 겪게 되는 안전 문제나 개선사항에 대하여 신변에 미칠 영향에 관한 고려 없이 언제든 보고할 수 있는 구조적 조건과 환경을 조성하는 등 원전사업자의 안전문화에 대한 철저한 관리·감독이 이루어져야 할 것이다.

또한, 원자력발전 지속정책을 유지하고 있는 우리나라로서는 사용후 핵연료 등 방사성폐기물에 대한 투명한 관리정책의 확립이 시급한 것으로 보인다. 더구나 후쿠시마 원전사고 이후 여론의 악화로 인해 이에 대한 공론화가 무산되면서 관련 정책이 표류하고 있다는 점과 최근 고리1호기에 대하여 영구정지(2017년 6월부터 폐로) 결정이 있었다

142) 박우영·이상림, 전계보고서(각주1), 137면.

143) 김진국, “원자력안전규제시스템 개선방안 연구”, 국회예산정책처 (2012.9), 84면.

는 점을 감안한다면¹⁴⁴⁾ 사용후핵연료의 저장과 처분을 위한 세부적인 규제절차와 기준 등 투명한 대응책을 마련함으로써 국민의 신뢰를 어느 정도 회복할 수 있을 것으로 보이며, 원자력기술 전문 인력의 양성을 위한 면밀한 정책적 배려와 방향 설정도 필요할 것이다.

이에 상술한 벨기에의 법제적 상황을 고려하여 좀 더 부연하자면, 홍수, 화재 등 내부위험을 포함한 확률론적 안전분석(Probabilistic Safety Analysis; PSA)의 확대적용이 필요할 것으로 생각되며, 비상상황, 특히 극한·복합 재난을 관리·통제할 비상대책기구(벨기에의 CGCCR에 해당하는)를 조직하여 운영하는 것도 적극적으로 고려해 볼 수 있을 것이다. 물론, 이를 위해서는 구체적인 비상사태 대비계획과 정기적 훈련에 관한 충분한 준비가 선행되어야 할 것이다. 또한, 벨기에의 경우와 같이 911 테러 등을 대비해 항공기 등의 충격에 대응하는 정책적·규제적 대비도 필요할 것으로 보이며, 발전소의 안전점검과 관리 감독을 전담할 원전 부지별 지역사무소를 설치하고 전문분야별 전담 인력을 상주하도록 하여 현장 중심의 상시적인 안전관리체제를 구축한다면, 평상시의 예방은 물론 사고발생시 벨기에의 Telerad 네트워크에 상응하는 역할을 수행할 수 있을 것이다. 원전에서의 사고 및 고장 운영경험과 관련해서는 국내외의 사례와 그 교훈을 공유하기 위한 운영경험 피드백(Operational Experience Feedback) 체제를 더욱 강화할 필요가 있을 것이며, 유관기관 간의 기능적 연계, 규제정보 시스템의 연계 및 사업장 내 부서 간 기능적 연계 강화(벨기에의 ECNSD와 같이)를 위한 법제 개선에도 관심을 기울여야 할 것이다. 마지막으로, 일본, 중국, 북한 등 주변국의 원전사고에 대한 대응체계의 재정비와 개선도 필요할 것으로 생각된다.

상술한 몇 가지 제안은 본고의 내용과 최근 후쿠시마 원전사고를 계기로 한 현재의 안전 상황을 고려한 것인바 향후 각각의 제안에 대

144) “고리1호기, 2017년 영구정지...원전 37년 만에 첫 폐로 결정”, 중앙일보 2015.6.13. 일자 6면.

하여 보다 심도 있는 연구가 진행되기를 희망하며, 벨기에의 원자력 발전소 안전규제 법제에 관한 본고의 내용이 관련 법제의 개선과 재정비 작업에 유용한 기초자료로서 기여할 수 있기를 기대해 본다.

참 고 문 헌

국내문헌

- 김대원 · 최환용, “원자력안전법의 비교법적 검토분석”, 한국법제연구원 (2013)
- 김민훈, “원자력안전규제에 관한 법제 고찰”, 법학연구, 제52권 제2호, 부산대학교 법학연구소 (2012)
- 김제남 · 부좌현 · 오영식 · 유승희 · 최재천 · 홍의락, “원자력발전의 안전한 운영을 위한 개혁 및 규제 강화: 정책토론회”, 김제남 의원실 (2013)
- 김태호, “원자력 발전의 안전성 담보 시스템에 대한 법적 검토”, 행정법연구, 제30호 (2011)
- 박균성, “원자력 안전법제의 재검토”, 행정법연구, 제33호 (2012.8.)
- 박우영 · 이상림, “국내외 원전 안전규제시스템 비교 연구”, 기본 연구보고서 14-07, 에너지경제연구원 (2012.11.)
- 송하중, “해외 원자력 안전규제기관의 조직 · 인력 · 운영에 관한 조사연구”, 경희대학교 산학협력단, 교육과학기술부 (2012)
- 윤혜선, “미국 원자력규제위원회의 원자력안전규제체계와 시사점-원자력 발전소에 대한 허가제도와 검사제도를 중심으로-”, 일감법학, 제27호, 건국대학교 법학연구소 (2014.2.)
- 원자력안전위원회 · 한국원자력안전기술원 · 한국원자력통제기술원, 「2014년 원자력안전연감」(2015.3.)

참고문헌

- 원자력안전위원회, “IAEA, 원자력 안전성 강화를 위한 ‘비엔나선언’ 채택-우리나라를 비롯한 미국, 프랑스, 스위스 등 주요국 참여-”, 보도자료 (2015.2.22.)
- 이원근, “원자력 안전의 현황과 정책 및 입법 과제”, 국회입법조사처 (2012)
- 이선우 · 이창길 · 박경원 · 박성훈, “원자력안전체계의 실질적 강화를 위한 원자력안전위원회 조직 발전방안 마련”, 한국조직학회 (2013)
- 정상기, “후쿠시마 사고 이후 일본 원자력규제 관련 법제도 변화 분석”, 한남대학교 산학협력단, 한국원자력안전기술원 (2015.3.)
- 정서영, “원자력협력협정 체결현황”, KONICOF Report, 한국원자력협력재단 (2014.7.)
- 진상현, “해외 원자력발전 및 방사성폐기물 처리 관련 규제의 사례 연구”, 국회예산정책처 (2013.7.)
- 차성민, “원자력안전규제기관에 관한 비교 검토-IAEA 규범과 비교를 중심으로-”, 한국비교정보학보, 제18권 제3권 (2014.12.)
- 한국원자력안전기술원, 「국내외 원자력안전연구 현황 분석」(2015.3.)
- 한국원자력안전기술원, 「새정부의 원자력안전행정체제 개편에 따른 규제전문기관 역할강화 방안」(2013)
- 한국원자력안전기술원, 「안전규제 이행체제 효율화 과제보고서(규제기관 시스템비교)」(2011)
- 한국원자력안전기술원, 「원자력 안전규제 정책방향 설정을 위한 사전 연구」(2012)

- 한국원자력안전기술원, 「해외 원자력안전규제 교육프로그램 현황 조사·분석」(2014.12.)
- 홍사균·최용원·장현섭·이영준, “후쿠시마 원전사고 이후 원자력 발전을 둘러싼 주요 쟁점 및 향후 정책방향”, STEPI Insight 제84호, 과학기술정책연구원 (2011)
- 홍정석·이영준·이영철, “후쿠시마 사고 이후 원자력 정책과 R&D 동향 및 주요 이슈”, 과학기술 및 연구개발사업 동향브리프 2012-05, 한국과학기술기획평가원(KISTEP) (2012.7.)

외국문헌

- IAEA CNS & FANC, 「Sixth National Report to the Convention on Nuclear Safety-Kingdom of Belgium」(2013.8.)
- IAEA, 「Development of a Regulatory Inspection Programme for a New Nuclear Power Plant Project」(2014)
- IAEA, 「Nuclear Power Reactors in the World」(2014)
- IAEA, Pris-Statistics Power Reactor Information System Statistical Report - User's Manual (2013)
- IEA, 「Energy Policies of IEA Countries-BELGUIM」(2009)
- Lucas W. Davis, “*Prospects for Nuclear Power*”, Journal of Economic Perspectives, Vol.26 No.1 (2012)
- National Report, 「SIXTH MEETING OF THE CONTRACTING PARTIES TO THE CONVENTION ON NUCLEAR SAFETY」 (August 2013)
- OECD NEA, 「Nuclear Energy Data 2014」, No.7197 (2014)

참 고 문 헌

- OECD NEA, 「Nuclear Legislation in OECD and NEA Countries: Regulatory and Institutional Framework for Nuclear Activities - Belgium」(2010)
- Ostendorff, William C. & Sexton, Kimberly A., “*Adequate Protection after the Fukushima Daiichi Accident: A Constant in a world of Change*”, Nuclear Law Bulletin, OECD, Vol.2013/1 No.91 (2013)
- World Energy Council (WEC), 「World Energy Perspective: Nuclear Energy One Year after Fukushima」(2012)

인터넷 웹사이트

- 원자력안전위원회(www.nssc.go.kr)
- 원전안전운영정보시스템(<http://opis.kins.re.kr>)
- 한국원자력안전기술원(www.knis.re.kr)
- 한국원자력연구원(www.kaeri.re.kr)
- 한국원자력통제기술원(www.kinac.re.kr)
- 한국원자력협력재단(www.konicof.or.kr)
- 벨기에 연방원자력통제청(FANC): www.fanc.fgov.be
- 벨기에 원자력안전규제전문기관 Bel V: www.belv.be
- Electrabel: www.electrabel.com
- SCK · CEN: www.sckcen.be
- Belgian Nuclear Society: www.bnsorg.eu
- Belgian Association for Radiation Protection (BVS/ABR): www.bvsabr.be
- ENSREG (European Nuclear Safety Regulators Group): www.ensreg.eu

IAEA Coordinated Research Activities:

<http://cra.iaea.org/cra/explore-crps/all-active-by-programme.html>

WENRA (Western European Nuclear Regulators Association):

www.wenra.org

World Nuclear Association (www.world-nuclear.org)