원자력 안전과 방호의 연계성에 대한 국제 동향

김 석 철
원자력안전기술원 안전대책부 선원보안대책실장

KAIST 공학박사(핵공학)
한국원자력안전기술원 안전해석실 선임연구원
국제원자력기구(IAEA) 원자로사고방지담당관 및 원자력안보담당관
국방부 군비검증단 핵검증TF장(파견)

배경

1990년대 초 소련의 붕괴로 인한 냉전 구조의 해체는 국제적인 안보 위협의 주체와 개념의 변화를 가져왔다. 안보 위협의 주체가 국가 행위자로부터 종교 집단 또는 테러 단체와 같은 비국가 행위자(sub-national group)로 다양화되었고, 1995년 일본 동경역의 오움 진리교 사린가스 테러나 2001년 미국의 9.11 사건 등은 이러한 비국가 단체에 의한 안보 위협의 가능성을 실증적으로 보여주고 있다.

안보 개념 또한 전통적 군사 안보의 개념으로부터 환경, 경제, 사회, 정치를 아우르는 포괄적 안보와 인권 및 인간의 생존권에 대한 위협을 포함하는 인간 안보 개념으로 안보 패러다임이 변화하고 있는 것이 국제적인 추세이다. 이러한 안보 개념의 변화는 국가적 생존권 확보의 개념에서 국가 이익의 극대화 개념으로 전환됨으로써, 대량살상 무기(WMD: Weapons of Mass Destruction)를 이용한 슈퍼테러리즘(Super Terrorism) 또는 재앙적 테러리즘(Catastrophic Terrorism) 위협에 대한 대응을 중요한 국가 안보 목표로 설정하고 있다.

특히 핵무기, 방사선원 및 방사능 물질을 사용하여 재앙적 사건이나 혼란을 야기시키는 핵테러리즘은 핵이 함의하고 있는 전력(戰力)의 비대칭성[1]으로 인하여 국제 안보 핵심 현안으로 자리 잡고 있다.

핵테러리즘을 정의하기 전에 테러에 대한 정의를 살펴볼 필요가 있다. 테러에 대한 보편 타당하게 인정되는 정의는 없으며 미국 정부

1) 전력의 비대칭성이란 전력의 균형적인 측면에서 한 쪽만이 보유한 전력을 가리킨다. 대표적인 비대칭 전력으로는 핵무기, 화학 무기, 생물학 무기 등을 들 수 있다.

부처 간에도 테러리즘에 대한 정의를 다르게 사용하고 있다.

예를 들어 미 국무부(Department of State)는 '테러리즘이란 정치적 동기에 기인한 비국가 단체 또는 다른 국가의 비밀 요원들에 의해 대중에게 영향을 미칠 목적으로 비전투원에 대하여 공격하는 준비되고 계획된 폭력'[2]이라고 정의하고 있는 반면, 미 중앙정보부(CIA)는 테러리즘을 '정치적 상징 효과를 얻기 위한 폭력을 사용하는 것으로 직접적인 인명의 희생보다는 잠재적인 대상자들에게 심리적 충격을 주는 것을 목적으로 한다'라고 정의하고 있다.

한편 미 국방부는 '이데올로기적 목표를 위해 정부 또는 사회를 위협하려고 사람이나 재산에 대해 불법적인 폭력을 행사하는 것'이라고 정의하고 있다.

우리나라에서는 테러에 대한 법적인 개념 규정이 없으며, 1982년에 제정되고 1997년에 개정된 대통령 훈령 제47호인 「국가 대테러 활동 지침」에 테러리즘의 정의와 관련하여 '테러 분자 등이 각종의 목적을 위하여 국가이익 또는 국민에 대하여 국내외에서 불법적으로 자행하는 일정 행위'로 규정하고 다음과 같은 구체적인 행위들을 제시하고 있다.

1) 국가 요인 및 가족의 납치 암살
2) 항공기 및 선박의 납치, 폭파
3) 해외 체류 외교관, 유학생, 상사원, 취업 근로자 및 해외 여행자 등의 납치, 암살
4) 국가 중요 시설, 다중 이용 시설 및 재외 공관 등에 대한 공격
5) 주한 외국 공관 및 주요 외국 시설물에 대한 점거, 방화 폭파
6) 국내 정계, 재계 등 각계 주요 인물 납치, 암살
7) 주한 외교 사절 및 재한 외국 저명 인사의 납치, 암살
8) 폭발물, 총기류, 유해 화학 물질 등을 이용한 무차별 인명 살상, 기타 우리나라와 관련된 국제적 범법 행위

국가정보원이 제출한 대테러방지법안에 제시된 테러의 정의는 '정치적, 종교적, 이념적 또는 민족적 목적을 가진 개인이나 집단이 그 목적을 추구하거나 그 주의, 주장을 널리 알리기 위하여 계획적으로 행하는 다음 각목의 행위'로 대테러지침에서 정의된 구체적인 행위들을 포함하고 있다.

다만 '대량으로 사람과 동물을 살상하기 위한 유해성 생화학 물질, 또는 방사능 누출, 살포 또는 이를 이용한 위협'의 대량 살상 무기 및 방사능 물질을 이용한 테러가 언급된 점이 다르다.

핵테러리즘 또한 보편 타당하게 통용되는 정의는 없으나 "테러의 행위로써 고의적으로 인명을 살상 또는 상해하거나 사회적 혼란을 야기할 목적으로 핵무기나 방사능 무기를 불법적으로 사용, 사용 위협 또는 핵물질 또는 방사능물질을 포함하고 있는 시설을 공격하여 핵무기의 제조에 필요한 핵물질을 탈취하거나, 고의적으로 방사능 누출 사고를 일으키는 행위'로 정의될 수 있다.

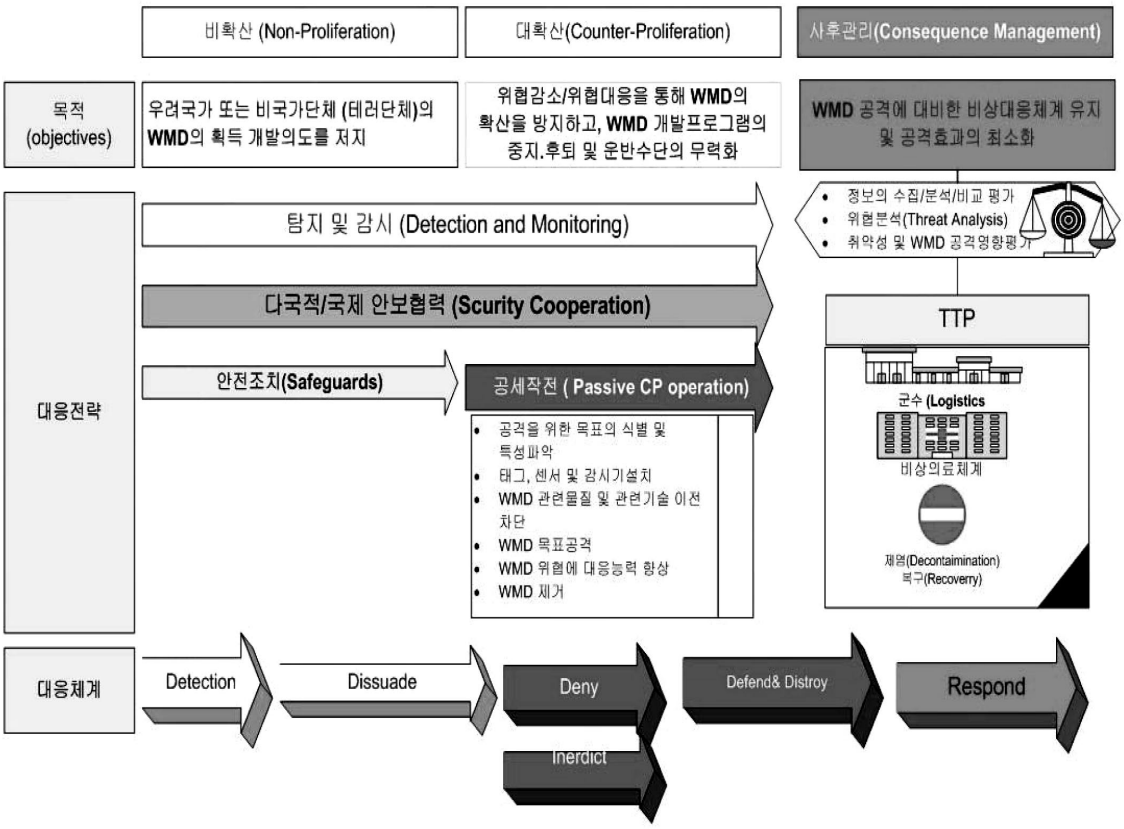
IAEA는 핵물질 또는 방사능 물질을 포함하고 있는 핵시설을 공격하여 방사능 누출을 일으키는 테러 행위를 방사능 사보타지(Radiological Sabotage)라고 별도로 규정하고 있다.

사보타지라는 용어의 사용은 테러 집단 또는 테러 분자가 원자력 발전소와 같은 핵시설을 공격하여 방사능 누출을 일으키려면, 대상 시설의 계통이나 운전에 대한 고도의 정보와 지식이 필요하므로 반드시 내부 동조자 또는 정보 제공자가 있어야 한다는 가정으로부터 출발하였다.

IAEA의 핵물질 또는 핵시설에 대한 물리적 방호 지침(INFCIRC 224/rev.4)[3]은 방사능 사보타지를 '방사선의 조사(Exposure) 또는

2) Title 22 of the United States Code, Section 2656f(d), Patterns of Global Terrorism. Washington: Dept. of State, 2001,

3) INFCIRC 225/rev.4 , The physical protection of nuclear material and nuclear facilities.
"Any deliberate act directed against a nuclear facility or nuclear materials in use, storage or transport which could directly or interestedly endanger the health and safety of the personnel, the public and the environment by exposure to radiation or release of radioactive substances".



<그림 1> 대량 살상 무기(WWD ; CBRN) 대확산 개념 및 대응 전략 개념도

방사능 물질의 누출을 고의적으로 일으켜 대중과 환경의 건강과 안전을 직접 또는 간접적으로 위태롭게 할 목적으로 핵시설 또는 사용 · 저장 · 운반중인 핵물질 또는 방사능물질에 대하여 가하는 위해 행위'로 정의하고 있다.

UN은 2005년 4월 59차 UN 총회에서 핵테러리즘에 대한 국제적 대응 체계를 위해 가칭「핵테러리즘 척결을 위한 국제협약」[4]을 추진한 바 있다.

이 국제 협약의 골자는 핵테러리즘 방지를 위한 법체계 확립과 국제 협력을 통하여, 핵무기 제조에 사용될 수 있는 핵물질의 불법 취득, 전환, 전용 및 전이의 방지와 방사능 사보타지 방지에 노력한다는 것이다.

핵테러리즘의 방지 및 대응 체계로 핵무기 사용 및 핵무기 사용 위협 대응 체계로는 대량 살상 무기에 대한 대확산 레짐(regime)을 들 수 있으며, 방사능 테러에 대해서는 핵물질의 불법 탈취, 이전을 방지하기 위한 물리적 방호의 강화와 방사능 사보타지의 예방/완화

4) International Convention for the suppression of acts of nuclear terrorism, UN, 2005

대책을 강구하는 것이다.

요즘 회자되고 있는 원자력 르네상스와 관련하여, 원자력발전소 건설 신청이 증가하고 새로운 개념의 원전의 설계가 구체적으로 논의되는 과정에서 설계 초기 단계에서 안전성, 경제성, 핵확산 저항성 및 방사능 사보타지를 포함한 보안 요건을 총체적으로 고려해야한다는 것이 요건화되고 있는 추세이다.

현재 원자력 산업계에서 화두가 되고 있는 원자력 수출과 관련하여, 원자력 안전, 보안 및 핵확산 저항성 시너지를 고려한 구체적인 논의와 아울러 기술역량의 확보가 시급히 요구된다.

비확산(Non-Proliferation)과 대확산(Counter-proliferation)

비확산(Non-Proliferation)은 다자간 협상이나 지역 간 안보 협력을 포함한 다자 · 양자 또는 지역 간 조약이나 협약 등을 통해 대량 살상 무기의 개발, 생산, 비축, 배치 및 확산을 방지하는 안보 레짐[5]이다.

핵비확산 체계의 핵심은 핵확산 금지조약(NPT: Non Proliferation Treaty), IAEA 안전 보장 조치 활동, 쟁거위원회, 핵공급국 규정과 현재 진행중인 포괄적핵실험금지조약(CTBT: Comprehensive Test Ban Treaty) 및 핵무기용 핵물질생산금지조약(FMCT: Fissile Material Cut-off Treaty)등을 들 수 있다

테러 분자나 테러 단체에 의한 핵공격은 여타 대량 살상 무기보다 가능성이 극심하게 적으나, 자금력과 조직력이 뛰어난 알 카에다(Al Queda)와 같은 조직이 핵무기의 원료가 되는 분열성 핵물질(Fissile material)을 확보한다면, 원시적인 핵무기를 제조, 투발 및 기폭시켜 세계 주요 도시의 심장부를 강타할 수 있다는 데 대한 이해가 확산되고 있다.

하버드 대학의 연구 결과[6]는, 10kt(히로시마 원폭의 2/3)의 핵폭탄이 맨해턴 중심부에서 터진다면, 50만명이 즉사하고, 수십만명이 부상을 입으며, 약1조 달러의 직접적인 재산 피해를 입힐 수 있다고 밝히고 있다.

현재 국제적으로 미국을 중심으로 구체화 되어가고 있는 비국가 단체나 불량국가들의 대량 살상 무기 테러 위협에 적시성 있고 효과적인 대응 체계로서의 대확산 레짐(Couter-Proliferation Regime)은 <그림 1>에서 보는 바와 같이 불량 국가들(rogue countries) 및 비국가 단체(sub-national group)에 의한 핵무기를 포함한 대량 살상 무기 획득 및 개발 의도를 저지하기 위한 비확산(NP:Non-Proliferation) 체계, 위협 감소 및 위협 대응을 통해 핵확산을 방지하고 대량 살상 무기(WMD) 개발 프로그램을 중지 또는 후퇴시키며 운반 수단의 무력화를 목표로 하는 대확산(CP:Counter-Proliferation)과 WMD 공격에 대비한 비상 대응 체제 유지 및 공격 효과의 최소화를 위한 사후 관리(Consequence Management)로 3단계로 구성되어 있다.

원자력 안전과 방호 시너지

원자력 안전과 방호 시너지를 고려하기 위해서는 안전(safety)과 보안(security)의 차이점을 생각해 볼 필요가 있다.

예를 들어 화창한 여름 해변가에서 매혹적인 여인이 바다를 바라보고 있고, 지나가던 운전자가 여인에게 한눈 팔다가 가드 레일을 들이받는 사고가 난 상황을 생각해보자(<그림 2>).

이 상황에서 위험(risk)은 운전자가 사고를 통해 다치거나 생명을 잃을 가능성을 의미한다. 결말(consequence)은 매혹적인 이 여인 때문에 운전자가 주행 차로를

5) 안보 레짐(regime)이란 국제 관계의 특정 분야에서 동조 행위자들이 추구하는 명시적이거나 암묵적인 원칙, 규범, 규칙, 정책 결정 과정들의 묶음이다. 원칙은 행위의 목적에 대한 신념 체계이며, 규범은 권리와 의무를 규정하는 행동 기준이다. 규칙은 행동을 위한 규정이며, 정책 결정 과정은 집합적 선택 조건들을 구성하고 이를 추진하기 위한 실천 과정을 의미한다.

6) Mattew Bunn, Anthoy Wier and John Holdren, Controlling nuclear warheads and materials: A report card and Action plan, Projet on Managing the Atom, Harvard University, March 2003, p.18-23.

<그림 2> 매혹적인 여인이 우연히 해변가에서 요염한 포즈로 서 있을 경우에는 바로 안전의 문제이고, 지나가는 불특정 다수의 남자들의 이목을 끌어 사고를 일으키기 위해 일부러 요염한 포즈로 있을 경우에는 보안의 문제이다.

이탈해서 해변의 가드 레일을 들이받고 다치거나 생명을 잃는 과정(path)을 의미한다.

안전과 보안의 차이는 바로 결말(consequence)의 원인을 어떻게 제공하느냐 하는 문제이다.

매혹적인 여인이 우연히 해변가에서 요염한 포즈로 서 있을 경우에는 바로 안전의 문제이고, 지나가는 불특정 다수의 남자들의 이목을 끌어 사고를 일으키기 위해 일부러 요염한 포즈로 있을 경우에는 보안의 문제이다.

원자력발전소의 경우로 돌아가서 계통의 고장이나 고의가 아닌 인적 실수에 의해 사고가 일어나서 방사능이 방출할 경우에는 안전의 문제이고, 테러 분자나 비국가 행위자들이 침입하고 고의적으로 사고를 일으켜 방사능이 누출될 경우에는 보안의 문제가 된다.

이를 반영하여 IAEA 물리적 방호 지침서(INFCIRC 225/rev/4)도 방사능 사보타지의 방호 체계의 평가 및 분석은 물리적 방호 시스템 전문가의 도움을 받아 안전 전문가가 주관하여 평가하도록 권고하고 있다.

원자력 시설이나 핵물질에 대한 보안 체계(광의의 물리적 방호)의 목적은 핵물질의 불법 탈취, 전용 또는 방사능 사보타지를 사전에 예방하는 것이다.

이 목적을 달성하기 위해서는 보안 체계는 의도된 악의적 행위(또는 테러행위)를 사전에 억제(deter), 탐지(detect), 평가(assess), 지연(delay or defer), 대응(response) 및 종결 조치(neutralize) 능력을 갖추어야 한다.

가시적인 억제력의 시현은 테러나 사보타지 의도를 제한할 수 있고, 인적 또는 전자적인 수단을 이용한 탐지 능력은 보안 체계에 대한 가능한 위협과 침투 의도들을 식별할 수 있으며 침투에 성공했다 하더라도 나머지 보안 시스템에 의해 악의적 행위를 종결시킬 수 있는 충분한 시간을 제공해줄 수 있다.

폐쇄 회로, 순찰, 또는 고정 배치 보안 요원 등을 통한 평가는 침투 의도와 침투 규모를 파악하는 데 도움을 준다.

다양한 능동적 또는 수동적 물리적 장벽을 이용한 지연은 보안 요원이 테러행위자들을 대응할 수 있는 충분한 시간을 제공한다.

대응(Response)은 특별히 임명되고, 훈련되고, 적절한 장비를 구비한 보안요원이나 법집행자(경찰, 대테러 부대 또는 법 집행 기관)들이 테러 행위자들의 침투 목표를 달성하기 전에 이를 제압하는 것을 말하며, 종결 조치(neutralize)는 보안 요원이나 법 집행자들이 테러 행위자를 소탕하고 상황을 정상 상태로 회복시키는 것을 말한다.

핵무기나 핵물질이 갖는 함의로 인해 불법적인 핵물질 탈취나 취득 또는 핵물질과 핵시설에 대한 사보타지는 한 국가에 국한된 문제가 아니라 국제적인 문제로 인식되어 왔다.

핵물질이나 핵시설에 대한 물리적 방호 체계의 확립이나 운영의 문제는 전적으로 해당 국가의 책임이지만, 방사능 사보타지에 의한 사고 영향이 인접국가, 나가서는 지구적인 영향을 미치거나, 탈취된 핵물질이 국가 간에 불법적으로

이전되거나 거래되었을 때의 영향 때문에 핵보안(Nuclear Security) 문제는 국가 간의 협력이 필수적이라 할 수 있다.

IAEA는 국가 간의 균형된 핵보안 체계를 확립하기 위하여 국가 간에 최소한 만족시켜야 할 핵물질의 사용, 저장 및 수송과 관련한 물리적 방호 목표 및 원칙 및 방사능 사보타지 대응 체계 확립과 관련한 각종 지침들을 제공하고 있다.

1. 물리적 방호 (Physical Protection)

실제적으로 물리적 방호 개념의 태동은 1960년대 핵무기 개발을 담당하던 미국의 샌디아 국립연구소에서 이루어졌는데 이때 핵무기 저장 시설이나 핵무기 제조 관련 시설들의 핵물질 보안 관점에서 물리적 방호 개념이 개발되었다.

이러한 물리적 방호 개념은 큰 변동 없이 지금까지 샌디아연구소의 국제 훈련 프로그램[7]을 통해 국제적으로 전수되고 있다.

미국 내에서도 모든 원자력 시설이 설계 기준 위협(Design Basis Threat: DBT)을 고려한 물리적 방호 체계를 운영하지 못하고 있는 것이 사실인데, 예를 들어 대학교가 가지고 있는 연구용 원자로의 경우는 이러한 물리적 방호 요건을 만족시키지 못하고 있다.

국제적으로 CPPNM과 INFCIRC 225/rev.4에 제시하고 있는 설계 기준 위협 요건을 법적 규제 요건으로 채택하고 있는 나라는 미국, 일본, 영국, 호주 및 우리나라 등이며, 그 밖의 국가들은 독자적인 물리적 방호 체계를 개발 운영하고 있다.

우리나라도 9.11 이후 핵물질과 원자력 시설에 대한 방사능 사보타지에 대한 대책을 강화하기 위하여, 기존의 원자력 시설 등에서의 사고로 인한 방사능 재해의 비상대응을 위해 제정되었던 「원자력 시설 등에 대한 방사능 방재 대책법(이하 방재대책법)」을 개정하여, 핵물질 탈취나 방사능 사보타지에 대응에 관한 내용을 포함하고 있다.

개정된 방재대책법은 과학기술부 장관은 '설계 기준 위협'을 설정하고 매 3년마다 위협 평가를 통해 이를 개정하도록 규정하고 있다.

IAEA가 CPPNM 이행을 위해 제시한 「핵물질 및 원자력 시설의 물리적 방호 지침(INFCIRC 225/rev.4)」에서는 설계 기준 위협을 다음과 같이 정의하고 있다.

"물리적 방호 체계의 설계 및 평가시 적용되어야 하는 핵물질 탈취 또는 방사능 사보타지를 기도할 수 있는 잠재적인 내부자(insiders) 또는 외부 행위자들(external adversaris)의 특성, 제반 능력 및 공격 특성"[8]

정의에서 보는 바와 같이 설계 기준 위협이란 '어떤 물리적 또는 보안 체계를 설계할 때, 기본이 되는 위협으로 어떤 규모의 행위자들 또는 개인이 어떤 무기나 행위 수단을 가지고 얼마 동안의 지속 시간을 가지고 공격할 것인가'로 해석할 수 있다.

지침서는 국가의 물리적 방호 체계는 설계 기준 위협을 기반으로 할 것을 권고하고 있다. 설계 기준 위협의 설정은 정부 내 유관부서와 긴밀한 협조를 통해 설정해야 하는데 국가 정보 기관이나 법 집행 기관은 위협의 분석 및 평가에 있어서 매우 중요한 역할을 하고 있다.

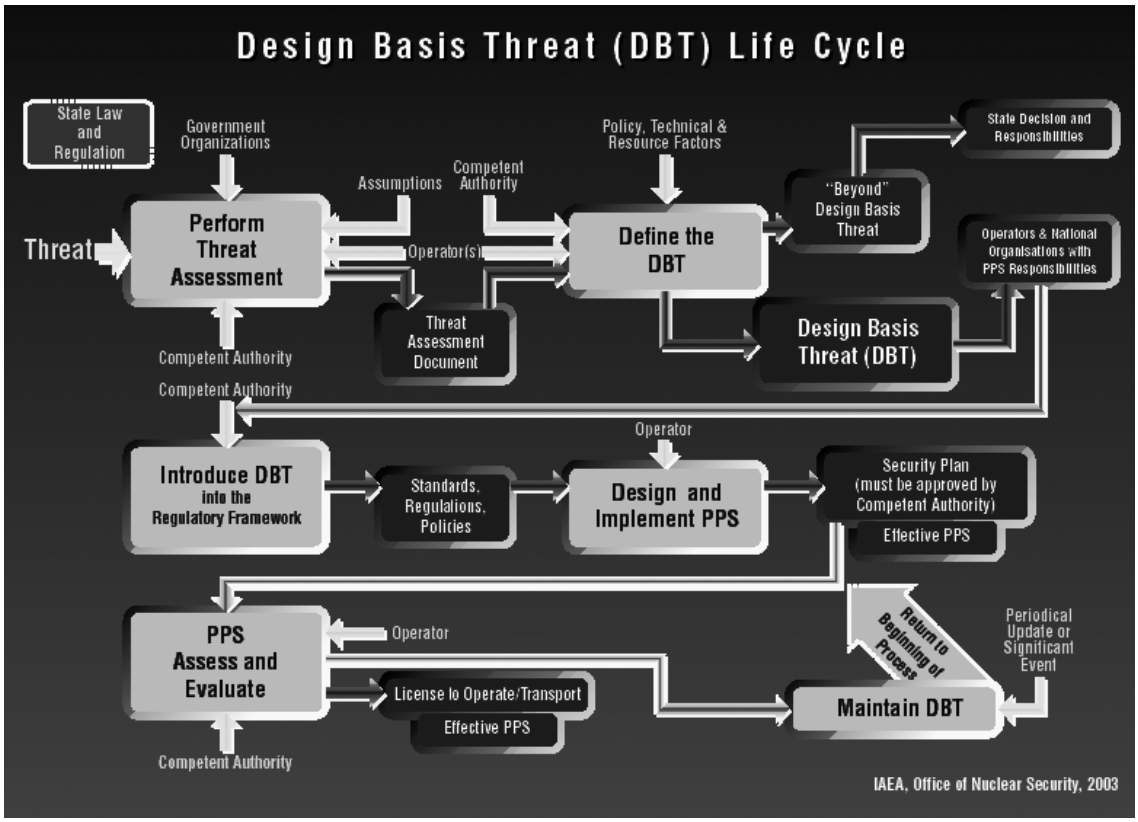
설계 기준 위협의 설정 과정에서 모든 유관 기관들의 역할과 책임이 명확히 설정되어야 하며, 민감한 비밀 사항들을 포함한 정보 교환 등 협력 방안들을 명확하게 규정할 필요가 있다.

설계 기준 위협은 여러 가지 측면에서 위협 분석과는 다르다. 설계 기준 위협은 보안 체계의 계획이나 평가에 사용되며, 단기적으로 위협 평가가 변경될 경우에는 이를 반영해야 한다.

계획과 평가 목적의 설계 기준 사

7) 국제 훈련 프로그램(ITC: International Training Course for Physical Protection)은 1980년대부터 핵비확산과 관련하여 미국 에너지성이 후원하고 미국의 샌디아 국립연구소가 주관하는 국제 훈련 프로그램으로 매년 세계 30여개국의 물리적 방호 관련 담당자를 초청하여 교육시키는 훈련 프로그램으로, 9.11 이후에는 IAEA와 공동으로 수행하고 있다.

8) INFCIRC225/rev.4의 원문: "The attributes and characteristics of potential insider and/or external adversaries, who might attempt unauthorized removal of nuclear material or sabotage against which the physical protection system is designed and evaluated."



<그림 3> IAEA 설계 기준 위협(Design Basis Threat)의 생애 주기

고는 위협 평가 문서에 포함되어 있는 내용 이상의 고도의 지식이 필요하다. 그럼에도 불구하고 설계 기준 사고는 상상이나 막연한 추정이 아니라 현실성에 근거해야 한다.

위협 평가 단계에서는 가능한 위협들을 식별하고, 식별된 가능한 위협들을 토대로 의사 결정 단계를 거쳐 설계 기준 위협을 결정한다.

의사 결정 과정에서 물리적 방호와 관련된 국내외 정책, 자원 문제, 중앙 정부, 지방 정부 및 시설 운영자들의 책임 한계 등을 고려하여 원자력산업과 관련이 없는 위협들은 고려 대상에서 제외할 수 있다.

<그림 3>은 연속 과정으로의 설계 기준 위협 설정 및 변경에 따른 생애주기를 보여준다.

IAEA의 설계 기준 위협 개념은 현재 미국 내 원자력 시설에 적용하는 지상 침투만을 고려한 탐지-지연-대응 개념의 물리적 방호 개념을 그대로 답습하고 있어 9.11 사건과 같은 물리적 방호 시스템을 우회(bypass)하는 공중 침투에 의한 공격이나 내부자의 협조에 의한 침투를 고려하지 못하고 있다.

특히 물리적 방호 시스템을 관통하고 원자로 계통의 다중 고장 또는 파손을 일으켜 방사능 누출을 야기시키는 원자력발전소에서의 방사능 사보타지의 경우는 설계 기준을 초과하는 위협(Beyond DBT)를 고려해야 한다.

미국이 설계 기준 위협으로 육상 침투(ground based attack)만을 고려하는 것은 설계 기준 위협의 설정을 핵물질 탈취를 중점적으로 고려하고, 물리적 방호 체계를 침입 탐지-지연-대응-종결의 일반 테러 대응 개념 보안 체계로 운영하는 것이 관례화되어왔기 때문이다.

2. 안전 및 보안 연계성 평가

현재의 핵테러리즘의 위협 환경은 개별 시설에서 대응할 수준을 넘어서서 국가 정보 기관, 군, 경찰 및 위기 관리 관련 기관 등 국가의 안보 관련 주요기관들의 긴밀한 공조를 요구하는 국가적인 위협 수준으로 발전했다는 것이 국제적으로 공유하고 있는 공통된 인식이다.

나아가 핵테러리즘의 위협 환경은 한 국가에 국한된 위협이 아니라, 국제적 위협으로 이해하고 이에 대한 국제적 공동 대응을 추진하고 있는 상황이다.

예를 들어 2007년 G-8 정상 회담에서 미국에 의해 제안된 '국제 핵테러방지구상(GICNT: Global Initiative for the Counter Nuclear Terrorism)'에서도 핵시설에 대한 사보타지 방호에 대한 국제 공조를 강조하고 있다.

안전과 보안의 연계성이 반드시 고려되어야 대표적인 경우는 원자력 시설에 대한 방사능 사보타지의 경우이다.

IAEA의 핵물질 또는 핵시설에 대한 물리적 방호 지침(INFCIRC 224/rev.4)은 방사능 사보타지를 '방사선의 조사(Exposure) 또는 방사능 물질의 누출을 고의적으로 일으켜 대중과 환경의 건강과 안전을 직접 또는 간접적으로 위태롭게 할 목적으로 핵시설 또는 사용 · 저장 · 운반중인 핵물질에 대한 위해 행위'로 정의하고 있다.

원자력발전소에 대한 방사능 사보타지의 경우는 핵물질 탈취나 핵무기 탈취의 경우와는 다르게 악의적인 행위자(Malicious actors)가 방사능 누출을 일으키려면, 원자로 냉각재 계통[9]의 설계 및 운전에 대한 고도의 지식이 요구되며, 1차 계통의 압력 경계를 파손하고 다중의 안전 장치들을 무력화시켜야 한다.

원자력발전소는 심층 방호 개념(Defense In Depth)[10] 과 다중 안전 계통 및 고도의 안전율을 적용한 내진/구조물 설계를 적용하기 때문에 외부 공격에 의해 방사능 누출을 일으키기 매우 어려운 시설이다.

따라서 원자력 시설에 대한 방사능 사보타지 방호 체계를 평가하기 위해서는 재래식 물리적 방호 체계(탐지 체계, 출입 통제, 지연 및 종결 체계) 뿐만 아니라 추가적인 물리적 장벽으로 고려될 수 있는 다중 안전 계통을 포함한 안전/보안 연계성(safety and security interface)을 함께 고려해야 한다.

현재 미국의 경우는 새로운 원전의 설계시 설계 기준 위협(DBT)을 초과하는 9.11 형태의 민간 항공기 충돌에 대한 영향 평가를 인허가 요건으로 부과하려하고 있다.

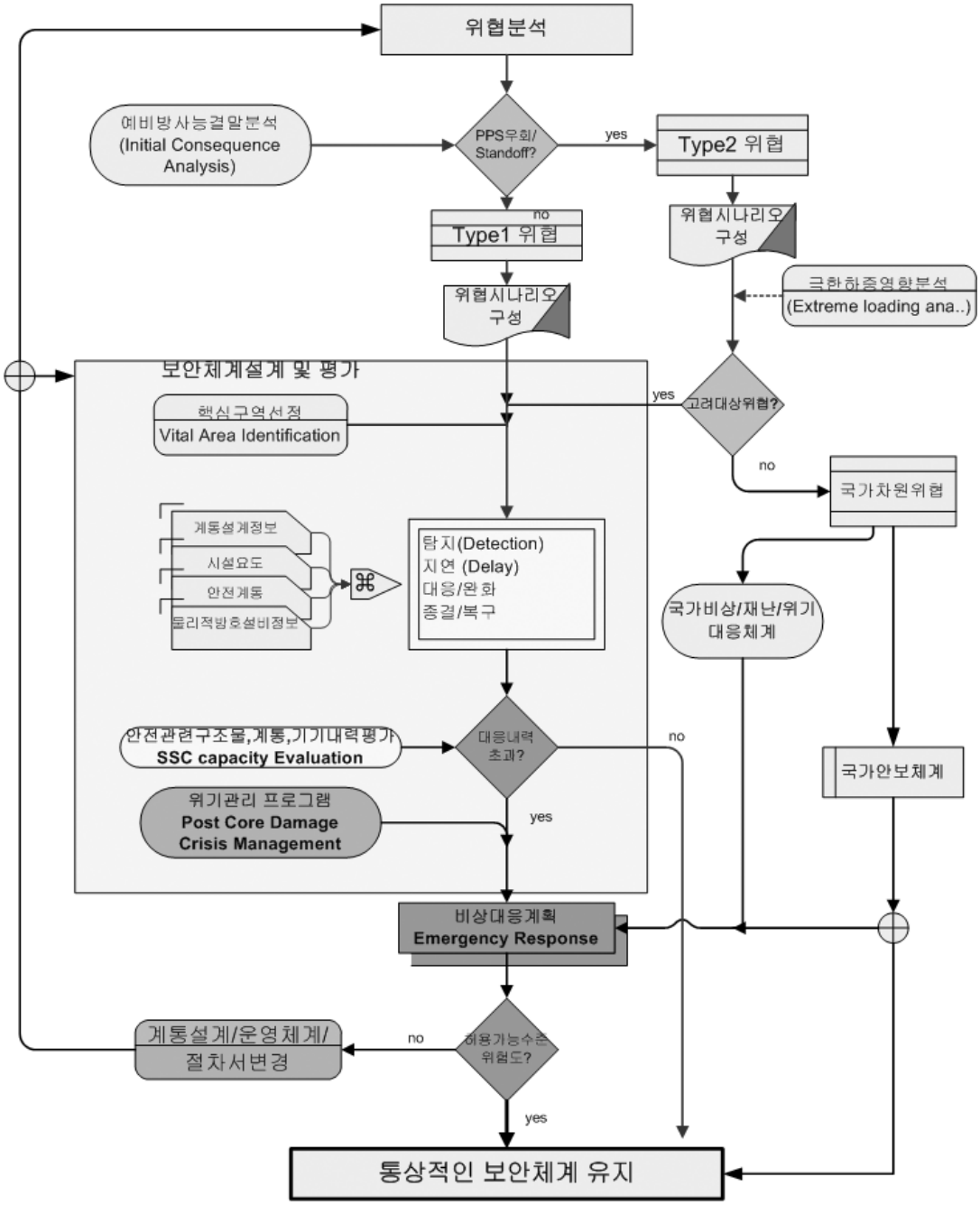
현존하는 대부분의 원자력발전소는 격납 건물(Containment Building) 설계 시 9.11 사건의 경우와 같은 대형 항공기의 고의적인 충돌은 설계 개념으로 반영하지 않았기 때문에, 통상적으로 지상 침입(Ground based intrusion)만을 고려하는 핵물질 탈취 방지를 목적으로 출발한 기존의 설계 기준 위협 기반 물리적 방호 체계는 9.11 이후에 중요성이 부각되고 있는 방사능 사보타지에 대해 효과적으로 방호 및 대응을 할 수 없다.

IAEA는 현존하는 원자력발전소에 대하여 9.11 타입의 외부 공격에 대한 방사능 사보타지 영향 평가 방법론을 개발하고, 2007년 초 핵보안 지침 시리즈로 「Engineering Aspects of protection of sabotage at the nuclear facilities」라는 제목의 평가지침서를 발간한 바 있다.

이 방법론을 현재 유럽연합은 해당 국가 내 원전에 그리고 미국의

9) 원자로 냉각재 계통(Reactor Coolant System) : 원자로 핵반응시 발생되는 열을 회수하여 발전에 필요한 증기를 만드는 원자력발전소에서 가장 중요한 계통으로, 우리나라에서 운영되고 있는 가압경수로형(Pressurized Water Reactor)의 경우는 핵연료를 포함한 원자로, 냉각재 펌프, 가압기 및 증기발생기를 포함하고 있으며 1차 계통(Primary System)이라고도 불린다. 1차 계통은 100기압 정도의 압력 경계를 유지하는 폐쇄 회로로 구성되어 있고, 격납 건물(Containment) 내에 다중의 안전 장치와 함께 설치되어 있다.

10) 심층 방호 개념(Defense In Depth) : 원래는 군사 작전에서 적의 공격을 방호하기 위한 다중 저지선을 설정하는 개념으로, 원자로 사고시 환경 누출까지 다중의 물리적 방호벽을 설치하여 사고의 진전을 지연, 완화 및 종결시키는 개념이다. 원자력발전소의 경우는 핵연료 피복관, 원자로 냉각재 계통, 안전 주입 계통, 격납 건물 압력 감소 및 방사능 물질 제거 계통 및 격납 건물 등으로 이루어진다. (자세한 내용은 http://www.kins.re.kr에서 구할 수 있다.



<그림 4> 핵시설의 방사능 사보타지 대응 평가 방법론

핵규제위원회(NRC)는 미국 내 발전소에 대해 적용을 준비하고 있으며, 우리나라는 그 방법론 개발 단계에서 한국원자력안전기술원 전문가들이 참여한 바 있다.

핵테러리즘에 대한 핵시설의 대응 능력은 최종적으로 식별된 위협에 의해 야기된 초기 사건(initial event)[11]과 일련의 다중 안전 계통의 고장을 통해 최종적으로 환경에 방사능을 누출시켜 인명에 위해를 가하거나 환경에 영향을 줄 수 있는 리스크의 형태로 평가된다.

이러한 리스크 평가를 위해서는 특정한 기준이 필요한데 이러한 평가 기준들은 규제 기관(Regulatory Body or Competent Authority)에서 제공되어야 한다. 다음은 핵시설에 대한 방사능 사보타지의 평가 기준의 예이다.

① 해당 원자력 시설은 식별된 위협을 고려한 공격에 의해 야기될 수 있는 핵분열 생성물의 심각한 대량 방출을 적시에 예방할 수 있을 만큼 충분히 강인(robust)한가?

② 공격으로 야기된 초기 사건이나 운전 환경(화재, 연기 등을 포함한) 변화가 발생 이후에 사고 완화에 필요한 필수 안전 계통이 충분히 작동할 수 있고, 손상되었다면 적시에 수리 후 작동이 가능한가?

③ 식별된 위협의 외부 공격에 의한 영향이 설계에 반영되었으며, 이로 인해 야기되는 사고 결말에 대한 주민 보호 조치나 비상 대응 체계가 갖추어져 있는가?

핵시설에 대한 사보타지 대응 능력 평가 방법론은 <그림 4>에서 보는 바와 같이 현존 상황을 반영하여 주기적으로 반복 수행하는 living process로서 크게 위협 분석, 취약성 평가, 대응 내력 평가, 리스크 평가, 피드백 단계로 나누어 생각할 수 있다.

구체적인 방법론은 IAEA Security Series Number 4 「Engineering Safety Aspects of the Protection of Nuclear Power Plants against Sabotage」를 참조할 수 있다.

결론

원자력 르네상스의 대두와 함께 새로운 원전의 설계나 건설에 우발적 계통고장이나 인적 실수를 고려한 안전 설계뿐만 아니라 9.11 형태의 악의적인 외부 공격에 의한 영향의 고려를 요건화 하는 것이 원자력 안전의 국제 레짐화와 더불어 국제적인 추세라고 할 수 있다.

현재 우리나라는 이러한 국제적인 추세인 안전과 보안의 연계 시너지에 대한 상황 인식이 미미한 실정이고, 규제나 연구 체제도 안전과 방호가 분리되어 있으며 방호나 확산 저항성 설계에 대한 전문가 층도 매우 엷다고 할 수 있다.

원자력 르네상스와 함께 원자력 수출이 화두가 되고 있는 이때, 원자력 안전과 방호 연계 시너지의 추구에 대한 국제적인 추세에 능동적으로 대처하고 적시성 있는 대응 전략 및 기술 능력을 시급히 확보할 필요가 있다.

원자력 안전, 핵확산 저항성 및 보안 설계는 공학자들뿐만 아니라, 국제 정치, 경제, 테러리즘, 사회학 등 다양한 학문의 통합적 접근 방법이 필요하며, 이에 대한 정책, 규제 요건에 대한 연구가 시급히 이루어져야 할 것이다.

원자력 안전 및 방호 연계 시너지 확보를 위해서는 전혀 새로운 방법의 개발이 아니라 기존의 활용 가능한 경험 및 지식 기반과 분야 간의 협동에 의한 시너지 창출 방안의 강구가 필요하며 앞으로 이를 위한 노력이 경주되어야 할 것이다.

" Real activity of discovery is not finding new lands, but seeing with different eyes."

* 본 원고는 소속 기관의 입장을 공식적으로 대변하지 않음을 밝힙니다.

11) 초기 사건(Initial event)은 결과적으로 방사능 누출의 원인을 제공하는 사건을 말한다. 원자력발전소에서 원자로 냉각재 상실 사고(LOCA: Loss of Coolant Accident)나 증기 세관 파열 사고(SGTR: Steam Generator Tube Rupture) 등과 같이 1차 계통의 압력 경계를 파손하여 핵연료의 손상을 야기시키는 사고들을 예로 들 수 있다.