

'99 추계학술발표회 논문집
한국원자력학회

국내 물리적방호 체계 구축관련
위협설계 기준의 개발을 위한 연구(1)

**A Study on Development of Design Basis Threat
for Establishment of Domestic System of Physical Protection**

이 종욱, 안 진수, 이 현철, 곽 은호

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

최근 국제 핵비확산 체계의 강화와 더불어, 핵물질의 불법거래와 사보타지 및 핵테러 행위에 대한 위협을 방지하는 일환으로 국제 권고안(INFCIRC/225/RevA)이 개정되었고 기존의 방호협약(INFCIRC/274)도 강화, 개정될 추세이다. 이에 따라 개정된 국제권고안이 규정하는 원자력 시설의 위협설계 기준(design basis threat)은 향후 국가 차원에서 결정해야 할 정책 사안인 동시에 기술개발 측면에서도 그에 대한 면밀한 분석과 자체적인 대응 기술을 모색해야 할 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 국내 실정에 적합한 위협설계 기준을 개발하기 위한 일환으로 외국의 사례를 검토하고 국제권고안의 요건에 따른 국내의 기술 개발상의 고려 사항과 대응 기술개발 요건을 중심으로 검토, 분석하였다.

Abstract

According to the recent strengthening of international nonproliferation regime, the existing Physical Protection Convention(INFCIRC/274) is expected to be

reinforced and amended in a direction toward protecting against the danger of illicit trafficking of nuclear material, sabotage and terrorism on nuclear facilities. This trend is envisaged to provide revised international recommendation (*INFCIRC/225/Rev.A*) as compulsory measures of *INFCIRC/274* to the Member States. Since this recommendation regulates the Member States should develop and establish 'design basis threat' of their nuclear facilities, they should prepare the protection technology as well as the national countermeasures against this threat. Therefore, this study presents the case study for foreign technology and the technical considerations and requirements in Korea pursuant to the requirements of the international recommendation in order to develop the design basis threat to be suitable to domestic situation.

1. 서 론

최근 구소련과 동구권의 몰락에 따른 핵물질의 불법 이전 및 원자력시설에 대한 사보타지 등의 성행이 국제 무대에서의 사회 문제로 대두되고 있다. 이에 따라 국제 핵비확산 체제가 더욱 더 강화되고 있으며, 그 일환으로 국제 권고안 (*INFCIRC/225/Rev.A*)이 개정되었고 향후 핵물질 방호협약(*INFCIRC/274*)도 개정, 강화될 추세이다. 더구나 개정된 국제 권고안은 회원국이 자국의 원자력 시설에 대한 위협설계 기준을 정립하고 그에 따른 이행 조치 또한 평가하고 검증하도록 규정하고 있다. 이와 관련하여 위협설계 기준의 정립 문제는 회원국들의 정책적인 중대 사안인 동시에 관련 기술 개발 측면에서도 사전에 대비해야 할 필수적인 사안으로 중요시되고 있다.

더구나, 국내의 경우 물리적방호관련 기술개발도 초보적인 단계이며, 향후 이 분야에 대한 중장기적 연구 개발도 올 해부터 추진된 점을 감안할 때, 국내 원자력 시설에 대해 새로운 개념이 도입된 기준의 설정이나 이에 따른 설계 변경 또는 재설계는 국가적인 차원 뿐 아니라 시설측면에서도 커다란 부담이 될 수 밖에 없다. 따라서, 국내의 실정에 적합한 위협설계 기준을 비롯한 전반적인 물리적방호 관련 기반 기술을 개발하고 향후 이 기술을 토대로 국내의 방호체계에 대한 평가 기술 및 설계 기술을 확보해 나아감이 바람직할 것이다.

이와 같은 취지에서 위협설계 기준의 개발은 물리적방호 기술의 기본 요건인 관계로, 본 연구에서는 증장기 연구과제의 수행상 기술협력을 추진 중인 미국의 방호 현황과 기술개발 사례를 사전에 분석하고 향후 국내에서 구축해야 할 방호 관련 기술개발의 요건과 고려 사항을 중심으로 검토·분석함으로써 그 결과를 기반 기술의 정립에 활용하고자 한다.

2 미국의 방호현황과 기술개발

2.1 방호현황 분석

미국의 물리적방호관련 기술개발의 배경에는 우선적으로 법적·제도적인 체제 정립이 선행되었다. 그 예로서, 미연방법인 10CFR Part 73("Physical Protection of Plant and Materials", '69. 4월)를 공표함에 이어 에너지 재구성 법(Energy Reorganization Act, '74년)을 제정함에 따라 기존의 원자력위원회의 폐지와 동시에 원자력규제위원회(Nuclear Regulatory Commission)를 설립하고 그 임무를 이전하였다. 이에 따라 물리적방호 관련 법적 체계는 물론 이행 절차, 평가 및 검증 체계가 효율적으로 정립되었으며, 그 주요한 방호개념은 핵물질 방호관련 지침인 국제 권고안(INFCIRC/225)에 의거하고 있다.

또한 미국은 원자력규제위원회가 미연방법의 체계하에서 물리적 방호 관련 규제 개발, 인허가 업무, 방호 검사, 위협평가 프로그램 수행 및 사고 대책등의 업무를 주도적으로 수행하고 있다.

가. 위협설계 기준과 방호의 이행성

미국은 원자력규제위원회의 책임하에 '위협설계 기준'에 따른 시설 방호 및 운반 방호가 철저하게 운영되고 위협의 변화에 따른 지속적인 기술적 검토와 검증 및 대응책이 마련되고 있다. 또한 동 위원회는 NRC 운영센터(검사 및 이행 본부, 워싱턴)외에 지역별로 지역사무소(Region 1~V)를 개설하여 운영중이며, 미국의 원자력 시설들은 방호 이행 측면에서 시설별로 자체 방호 프로그램을 수행하고 이를 자체 평가함과 동시에, 물리적방호 규정에 대한 이행상의 특수 사항은 "Regulatory Guide와 NUREG 보고서"를 준수하도록 권고하고 있다.

이와 더불어 미국의 원자력 시설에 대한 방호규정 관련 이행 여부 및 평가는 시설내에서의 모의훈련을 통하여 동 위원회 산하의 물리적방호 평가(OSRE)팀이

매년 주기적으로 검증해 오고 있다. 동 위원회의 규제 및 이행 업무는 방호 유관 기관, 주정부 및 지방 자치기관들과 상호 협의하여 체계적인 방호 체계를 유지해 오고 있다. 이와 관련한 위협평가 프로그램의 수행 절차는 FBI와 DOE 등과 연락 체계가 정립되어 있으며, 방호관련 연락사항과 정보에 대한 검토 결과는 6개월 간격으로 정리 요약되고 이 결과는 결국 원자력 시설에 적합한 위협설계 기준의 설정을 위해 동 위원회(NRC)에 상정된 후 기술적 검토를 거친 후 최종 결정된다. 또한 방호관련 사고 대처를 위하여 동 위원회, 지방 법집행당국(LLEA) 및 FBI와의 유기적인 협조체제를 유지하고 있다.

2.2 기술개발 현황

미국의 물리적방호 기술은 핵물질 계량관리체제와 연계된 통합 안전조치 관리 체제로 구축되어 있으며, DOE 산하의 *Sandia National Lab* (SNL)을 중심으로 정량적 기법을 도입하여 방호 요소 및 방호 체계에 대한 평가 기술개발을 지속적으로 추진 중이다. 또한 핵물질의 불법 거래 및 핵테러 행위에 대비하여 DOE 산하의 국립 연구소, 즉 *Sandia National Lab*, *Los Alamos National Lab*, 및 *Lawrence Livermore National Lab* 등에서 관련 기술을 응용, 개발하고 있다. 이와 더불어 미국은 방호 체계 평가기술은 물론 시설 방호기술 및 운반 방호기술 측면에서 상용화된 선진 기술을 보유하고 있으며, 현재 IAEA 회원국들과 국제 공동연구나 기술협력을 통하여 방호기술을 수출 또는 이전하는 단계이다.

특히, 미국은 원자력 시설에 대한 '위협설계 기준(*design basis threat*)'을 미연방법인 10CFR Part 73, 1 (a), (1)과 (2)에 상세히 규정하고 있으며, (1) '방사선적 사보 타지'와 (2) '핵물질의 도난 및 불법 전용'에 따라 각각 외적 기준(*external threat*) 및 내적 기준(*internal threat*)으로 구분·정의하고 있다. 이러한 기준의 설정에 있어서 중요한 관건은 물리적방호 분야의 특성인 방호 규정의 준수성, 이행성 평가·검증 및 기술개발의 연속성이 항상 지속적으로 연계되어 추진된다는 점이다. 이에 따른 위협설계 기준의 세부적인 내용은 다음과 같다.

1) 외적 기준(*external threat*)

- 정의 : "의도적이며 과격한 외부의 습격, 비밀리에 행해지는 공격 혹은 몇 명에 의한 기만행위"
- 다음과 같은 속성, 조력 및 장비 관련

- ① 고도의 훈련을 받은(군사훈련과 기술 포함) 극렬 분자,
- ② 수동적 역할(예: 정보 제공),
능동적 역할(예: 출입 용이 제공, 경보 및 통신체계의 무력화, 격렬한 공격의 참가) 혹은,
양쪽 역할을 시도하는 상황에 밝은 자를 포함한 내부의 조력
- ③ 소음장치와 장거리 조준이 정확한 수동식 자동무기를 포함하는 이에 상응한 무기,
- ④ 침입용 도구나 그 외의 원자로, 시설, 운반장치 혹은 컨테이너의 완전성이나 보호장치의 기능을 파괴하기 위한 무력화 기능을 갖춘 약품 및 폭발물을 포함하는 수동 장비.

2) 내적 기준(internal threat)

- 내부 동조자(공모자) : 시설 종사자 포함
- 역할 : 주요 안전장치의 위치 및 통로관련 정보에 국한된 수동적 역할
- 정보의 습득 : 대부분 공문서식 이용

이상과 같은 위협설계 기준관련 정의는 종합적인 조사와 분석을 토대로 결정되며, 테러 행위 혹은 기타 격렬한 범죄행위에 기초를 두고 있다. 또한 이러한 기준의 정의는 현재 가시적으로 발생하는 위법 행위를 대상으로 함은 물론, 원자력 시설과 핵물질 및 운반시의 위협에 대한 신빙성이 없거나 또는 “실제”의 위협이 없는 경우를 사전에 대상으로 한다는 점이 중요하다. 이러한 기준은 시대적 상황이나 사회적 다변성에 따라 항상 가변적일 수 있으므로, 이에 대한 지속적인 기술개발의 필요성과 중요성이 강조된다. 따라서, 위협설계 기준의 정의는 결국 원자력 시설의 방호 체계에 대한 측정 기준을 제공하고, 상황의 변화에 따른 특정한 기준선을 대표하며, 시설 방호 및 운반 방호에 대한 표준화 수준을 보증하는데 유용하게 된다.

이와 더불어 미국의 경우, 물리적방호 관련 기술개발은 SNL이 주도적으로 수행하고 있으며, 그 주요 내용으로는 위협설계 기준의 개발을 포함한 시설의 취약성 분석 및 평가, 운반 방호 기술, 통합 방호 대응 프로그램 개발, 방호체계의 설계 기술, 방호 체계의 효율성 및 경제성 분석과 방호 장비의 개발 등이 있다.

3. 국내 방호기술의 구축 방향 및 고찰

3.1 위협설계 기준의 현황 및 필요성

국내의 경우 원자력 시설에 대한 위협설계 기준은 엄밀한 의미에서 설정되지 않은 상황이다. 이와 관련하여 국내의 원자력 시설은 국가 보안상의 위협에 따른 보안목표의 중요도에 의한 “가, 나, 다” 등급 중 “가” 급 시설에 해당하며, 방호 기준 관련 정의 및 규정은 국가보안법 제2조에 따른 “반국가단체”의 위협 정의가 최우선적으로 규정되어 있다. 그러나, 이 기준은 사실상 시설에 대한 위협설계 기준보다는 국가 보안측면에서 원자력 시설 및 중요 시설에 대한 위협 기준으로 설정되었다고 볼 수 있다.

따라서, 국가 물리적방호 체계의 효율적인 유지 및 관리를 위해서는 가장 기초적이고 중대한 위협설계 기준을 국내의 실정에 적합하도록 체계화 및 토착화하는 일이 급선무일 것이다. 다시 말해서, 기준이 설정되지 않은 방호 체계에 대한 평가나 유지는 정성적 및 정량적 측면에서 비합리적일 뿐 아니라 원자력 시설에 대한 계획성 없는 설계 변경이나 불필요한 시공을 초래할 수 있으며 궁극적으로 국가 차원의 물리적방호 기술 체계의 정립에도 역효과를 조장하기 쉽게 된다.

이상과 같은 취지에서 본 연구에서는 국내의 실정에 적합한 위협설계 기준을 설정하기 위한 기초 연구의 일환으로 수행되었으며, 이와 같은 물리적방호관련 기반 기술을 개발하고 정립시킴으로써 향후 이 기술을 토대로 국내의 방호체계에 대한 평가 기술 및 설계 기술의 확보에 활용하고자 한다.

3.2 위협설계 기준의 도출 관련 고찰

상기한 바와 같이 위협설계 기준은 국내의 실정에 적합한 기준을 도출해야 하므로, 선진 기술을 보유한 외국의 사례 및 현황을 기술적으로 분석하고 이를 토대로 국내의 특수성, 즉 원자력 시설의 유형, 핵물질의 종류 또는 등급, 방호관련 법규와 제도적 규범 및 사회적 관습이나 통념 또는 문화적 정서 등을 포함하여 반영해야 하기 때문에 정성적이고 정량적인 분석과 기술적인 검토가 복합적으로 이뤄져야 한다고 볼 수 있다.

따라서, 현재 수행 중인 연구 내용과 향후 추진 계획은 그림. 1과 같이 개략적으로 도시할 수 있다.

.1 가

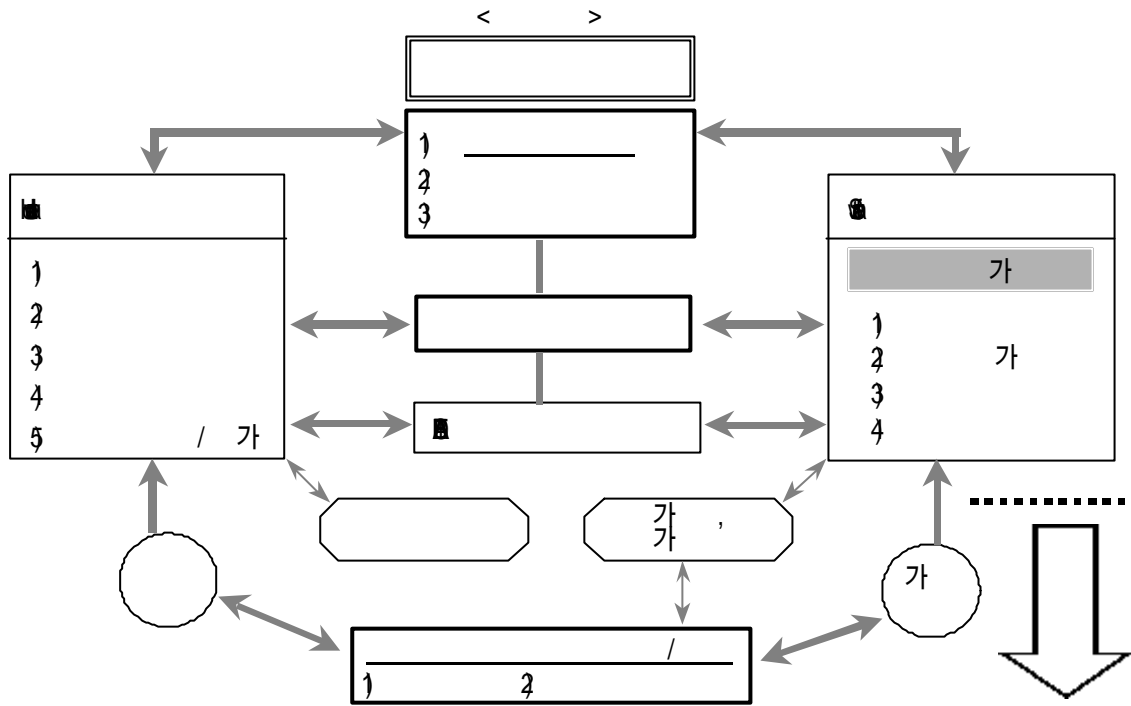


그림. 1에서와 같이 물리적방호 체계의 정립 및 토착화를 위한 기본 요건인 위협설계 기준은 방호체계의 구축 및 유지에도 필수 불가결한 방호 요소로 볼 수 있다. 이와 더불어 일반적으로 물리적방호 체계는 원자력 시설 및 부대 장비를 포함한 hardware 체계와 이를 효율적으로 운영 및 평가하는 software 체계로 구분할 수 있으며, 이러한 두 가지 체계의 상호 보완성과 feedback에 의한 역해석(back analysis)이 해결되어야 만 효율적인 물리적방호 체계를 유지할 수 있고 그에 대한 합리적인 평가를 내릴 수 있다.

3.3 기반기술 구축을 위한 분석 및 고찰

현재는 연구과제 수행의 1차 년도로서 올 해의 연구 최종목표는 원자력 시설의 위협설계 기준의 설정을 위한 기술설계 기준을 도출함에 있으므로, 이와 관련된 기술개발의 순차적인 요건을 다음과 같이 고찰하였다.

- 1) 위협설계 기준의 개념 분석
 - ◆ 위협기준관련 정보의 분석 평가
 - 국내 방호관련 법규(원자력법, 국가보안법, 국가정보원법 등)
 - 과학기술부 고시 96-28호 등 관련 규정
 - 국제 법규 및 지침
 - 핵물질 방호 협약(INFCIRC/274) 및 국제 권고안(INFCIRC/225/Rev.4)
 - IAEA-TECDOC-967
 - 미국 연방법 및 현황(10 CFR Part 73)
 - 일본 방호법 및 현황
- 2) 방호체계의 적용요건 분석
 - ◆ 국내외 방호체계의 현황 검토
 - ◆ 국내 방호체계에서의 적용요건의 도출 및 분석
 - ◆ 가상 시설의 제시
- 3) 시설의 취약경로의 도출 및 대응책 제시
 - ◆ 가상 시설과 국내 시설의 특성 분석
 - ◆ 가상 설계 기준에 따른 시설의 취약성 분석 : 프로그램 운용
- 4) 방호 요건에 따른 유기적 체계 평가 : 프로그램 운용
 - ◆ 방호 설비 및 운용체계에 대한 분석
 - ◆ 최적 방호 요건의 도출 및 유기적 체계 평가
- 5) 기술적 설계 기준의 도출
 - ◆ 최적 방호 요건과 가상 설계 기준의 타당성 분석
 - ◆ 운용 프로그램을 이용한 평가 분석
 - ◆ 국내 방호체계의 기술 설계기준의 도출

다시 말해서, 위협설계 기준의 설정을 회원국의 준수 사항으로 규정한 국제 권고안과 국내외의 방호 규정에 대한 면밀한 분석이 선행되어야 하고 국내 원자력 시설의 방호체계에 대한 파악과 더불어 국내에 적합한 기술설계 기준을 도출해야 할 것이다. 이와 관련하여 연구 추진상황은 1) 위협설계 기준의 개념 분석, 2) 방호체계의 적용요건 분석을 수행하였고, 미국의 SNL이 개발한 EASI 프로그램을 국내의 방호체계 평가에 적합하도록 개선함으로써 PIGSAM 프로그램을 개발, 등록하였다. 또한 최근 미국의 SNL에서 개발한 외부 침입자에 대한 취약성 분석 프로그

램인 SAVI-40 프로그램을 활용하여 국내 방호체계에서의 적용 타당성을 분석 중이다.

향후 국가 물리적방호 체계의 기술적 정립 및 토착화를 위하여 현재 추진 중인 중장기 연구과제는 효율적인 수행을 위하여 미국의 SNL과 국제 기술협력을 현재 추진중에 있으며, 국내 보안관련 회사와도 기술협력 차원에서 협의가 진행중이다.

4 결론

국가 물리적 방호 체계의 정립을 위한 기술개발 측면은 아직 시도된 바 없는 초보 단계이지만, 상기한 바와 같이 향후 국내의 연구진과 시설측의 기술진, 그리고 정책 관계자들이 함께 검토하고 해결 방안을 모색해야 함이 바람직하다고 사료된다.

더구나, 물리적방호 협약의 개정과 직결되는 국제 권고안의 개정에 따른 현실적인 사안들은 국가차원의 대응방안과 이를 뒷받침하는 기술개발 측면이 병행해서 추진되어야 할 것으로 판단된다. 특히, 국내의 경우 원자력 시설의 방호 조치에 대한 이행을 평가·검증할 만한 이행절차와 방법론이 기술개발 차원에서 시급히 해결되어야 할 사안으로 고려된다.

참 고 문 헌

1. INFCIRC/274, "Convention on the Physical Protection of Nuclear Mataterial", IAEA, Austria, (1980).
2. INFCIRC/225/Rev.3, "The Physical Protection of Nuclear Material", IAEA, Austria, September (1993).
3. INFCIRC/225/Rev.4 "The Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities", IAEA, Austria, March (1999).
4. IAEA/TECDOC-967, "Guidance and Considerations for Implementation of INFCIRC/225/Rev.3", IAEA, Austria, September (1997).
5. James W. Purvis, "Sabotage at Nuclear Power Plants", Sandia National Laboratores, Paper of INMM 40th Annual Meeting, 1999.
6. Terry Jenkin, "Implications of INFCIRC 225/Revision 4 to Canada's Nuclear Security Program", Atomic Energy Control Board of Canada, Paper of INMM 40th Annual Meeting, 1999.
7. Jong Uk Lee, " Status of Physical Protection and its Future Perspective in Korea", Paper of INMM 40th Annual Meeting, 1999.
8. Anita B. Nilsson, "Increased Emphasis on Physical Protection in the IAEA Programme", Interantional Atomic Energy Agency, Paper of INMM 40th Annual Meeting, 1999.