

원자력시설의 방호 위험도 순위화 결정방법론 개발



유 호 식 >
한국원자력통제기술원 선임연구원

1. 서 론

외부 침입자나 내부공모자의 공격으로부터 원자력시설을 효과적으로 방호하기 위해서는 실제 발생할 가능성이 있는 위협 시나리오를 작성하고 평가하여 순위화하는 것이 필요하다. 방호위험도의 순위화가 필요한 것은 원자력시설에 대한 다양한 위협중 가장 실현가능성이 큰 위협 시나리오에 대해서 선택적으로 방호조치를 마련하는 것이 방호 자원이 한정되어 있는 시설자의 입장에서는 보다 효율적이기 때문이다. 원자력시설에 대한 위험도 평가(risk assessment)는 사고 상황에 대비하기 위해 원자력 설비등의 성능분석 및 사고시 영향에 대해 지속적으로 수행해 왔다. 테러등의 인위적인 요인들에 대한 위험도 평가는 그동안 주목받지 못하였으나 미국의 9.11 테러이후에 원자력시설등에 대한 테러의 위협이 현실화됨에 따라 그 중요성이 재인식되어 현재는 미국을 중심으로 많은 방법론이 개발되고 있다.

우리나라의 경우 2004년 제정·발효된 '원자력시설등의 방호 및 방상능방재 대책법'에 따라 방호대상 원자력시설등에 대한 위험기준을 설정하고 주기적으로 위협정보를 수집하여 평가하도록 하고 있다. 현재 위협대응설계기준을 설정하기 위한 연구가 활발히 진행중에 있으며 국가 원자력 중장기 연구개발사업의 일환으로 방호위험도에 대한 순위화 결정방법론에 대한 연구가 올해부터 시작되었다.

본고에서는 외국에서 수행된 방호위협도 관련 연구결과를 토대로 지금까지 수행된 방호위협도 순위화 결정방법론에 대한 연구결과를 설명하고 향후 연구방향에 대해서 고찰하였다.

2. 원자력시설등에 대한 방호위협

2.1 물리적방호의 일반개념

물리적방호는 핵물질 및 원자력시설에 대한 내외적 위협을 사전에 방지하고 위협이 발생한 경우 이를 신속하게 탐지하여 적절한 대응조치를 취하며 사고로 인한 피해를 최소화하기 위한 일체의 조치를 말한다. (원자력시설등의 방호 및 방사능방재대책법 제2조(정의)) 현재 원자력시설과 관련된 물리적방호 조치는 시설에 저장되거나 운반중인 핵물질과 원자력시설에 대한 사보타주에 대비하여 이루어지고 있다.

2.2 위협(Threat)과 위험(Risk)

위협은 핵물질이나 원자력시설을 파괴 또는 손상하거나 그 원인을 제공하는 행위, 원자력시설의 정상적인 운영을 방해하거나 방해를 시도하는 행위등 외부침입자나 내부공모자의 직접적인 위해 가능성을 나타내는 용어이며 위험은 이러한 위협이 실제화될 가능성 및 그 결과등을 고려하여 종합적으로 위해를 표현하는 용어이다. 위험도의 순위화 결정방법론은 작성된 위협시나리오를 근거로 위협시나리오의 실제 가능성 및 실제화되었을 경우 결과등을 종합판단하여 결정하는 방법론을 의미한다.

2.3 위협의 유형

물리적방호와 관련된 위협은 크게 외부침입자 및 내부공모자로 대별할 수 있다. 외부침입자는 침입대상시설과 직접적인 연관이 없는 침입자를 말하며 이

는 다시 동기 및 목적에 따라 시위대, 테러리스트, 범죄자로 나눌 수 있다. 내부공모자는 시설의 직원이나 시설내에서 상주하고 있어 시설내 핵심시설 출입 및 시설정보의 취득이 가능한 사람으로 크게 외부침입자에게 시설내 정보를 제공하는 수동적 내부공모자와 핵심시설내 침투 및 파괴행위를 직접 수행하는 능동적 내부공모자로 나눌 수 있다. 위협시나리오에는 위협의 유형외에도 외부 침입자나 내부공모자가 침투를 용이하게 하기 위한 도구, 무기, 차량, 폭발물등이 함께 기술되어야 한다.

2.4 국내 물리적방호 대상 시설

현재 국내에는 '원자력시설등의 방호 및 방사능방재대책법'에 따라 원자력발전소를 포함하여 15개의 사업소가 물리적방호 대상시설로 규정되어 있다(표 1). 정부는 이들 시설에 대한 위협요인, 위협의 발생가능성 및 위협의 발생에 따른 결과를 분석하고 평가하여야 한다. 위협 시나리오는 각 시설의 지형, 환경에 따라 많이 달라지기 때문에 방호위협도 분석을 위해서는 이들 정보를 반영한 시나리오를 작성하여야 한다.

3. 물리적방호 위험도 평가 방법론

3.1 물리적 방호 위험도 구성요소

물리적방호 위험도는 크게 공격가능성(공격의 빈도), 공격의 성공가능성(시설내 물리적방호 시스템의 취약성) 및 공격으로 인해 발생하는 결과(인적, 물질, 심리적 손실등) 등 세가지의 요소로 구성된다.

$$R = P_A(1 - P_E) C$$

R= 방호위협도

P_A = 공격가능성(공격빈도)

P_E = 시설의 방호 시스템 효율성

$(1 - P_E)$ = 시설내 방호 시스템의 비효율성

C= 공격으로 인한 결과

표 1. 국내 물리적방호 대상 원자력 시설

사업소 번호	사업소 정보		업 종	소재지
	사업소명	호기		
1	영 광	1, 2	원자력발전	해안가
2		3, 4		
3		5, 6		
4	고 리	1, 2		해안가
5		3, 4		
6		1, 2		
7	울 진	3, 4		해안가
8		5, 6		
9	월 성	1, 2		해안가
10		3, 4		
11	원자력연구소		원자력연구개발	내륙 (대도시 인근)
12	한국원자력연료(주)		핵연료생산	내륙 (대도시 인근)
13	발전기술원		원자력연구개발	내륙 (대도시 인근)
14	소야		방사선 조사	내륙 (대도시 인근)
15	그린피아			내륙 (대도시 인근)

원자력시설등에 대한 물리적방호 위험도는 이들 각 요소들에 대한 분석결과를 종합해 최종평가하며 특정 위협시나리오에 대해 방호시스템의 취약성이 발견 될 경우 방호시스템을 보완하고 재평가를 수행한다.

3.2. 위험도 평가방법론

물리적방호 위험도 평가는 3-1절에서 설명한 방호 위험도 구성요소들이 서로 관련되어 있어 이들 각 요소들을 개발하고 평가하는 작업이 필요하다. 그림 1은 이러한 모든 요소들을 고려하여 우리나라 원자력 시설의 물리적방호 위험도를 평가하기 위해 개발한 방법론을 요약한 것이다. 각 단계별 상세사항은 다음과 같다.

단계 1 : 물리적방호 위험도 평가계획 수립

방호 위험도를 평가하기 위해서는 우선 평가 범위를 설정하고 평가단을 구성하여야 한다. 평가범위는 평가목적에 맞도록 설정하여야 하며 위협, 목표물 등 평가대상이 다양하기 때문에 이들 분야에 전문적인

지식이 있는 관련 전문가들로 평가단을 구성하여야 한다.

단계 2 : 평가대상 시설의 특성분석

평가범위 및 평가단 구성 후에는 평가대상 시설에 대한 특성분석이 수행되어야 한다. 이 단계에서는 시설자체의 특성(시설의 지형적, 환경적 요인, 건물의 위치, 출입위치 등) 뿐만 아니라 시설내 물리적방호 시스템에 대한 상세한 내용이 수집, 분석되어야 한다. 이들 자료는 시설도면, 안전성 분석보고서, 환경영향 분석보고서 및 시설 조사를 통해 얻을 수 있다.

단계 3 : 핵심시설 파악 및 위협 시나리오 작성

3단계에서는 공격을 받았을 경우 막대한 피해를 줄 수 있는 핵심시설을 파악하고 위협시나리오를 작성하게 된다. 핵심시설은 평가단이 제시한 모든 시설에 대해 자료를 조사하고 중요하다고 판단되면 핵심시설 목록에 모두 등재한다. 위협시나리오는 도출된 핵심시설에 대해 생각할 수 있는 모든 가능성을 고려하여 작성하게 된다. 위협시나리오에는 위협의

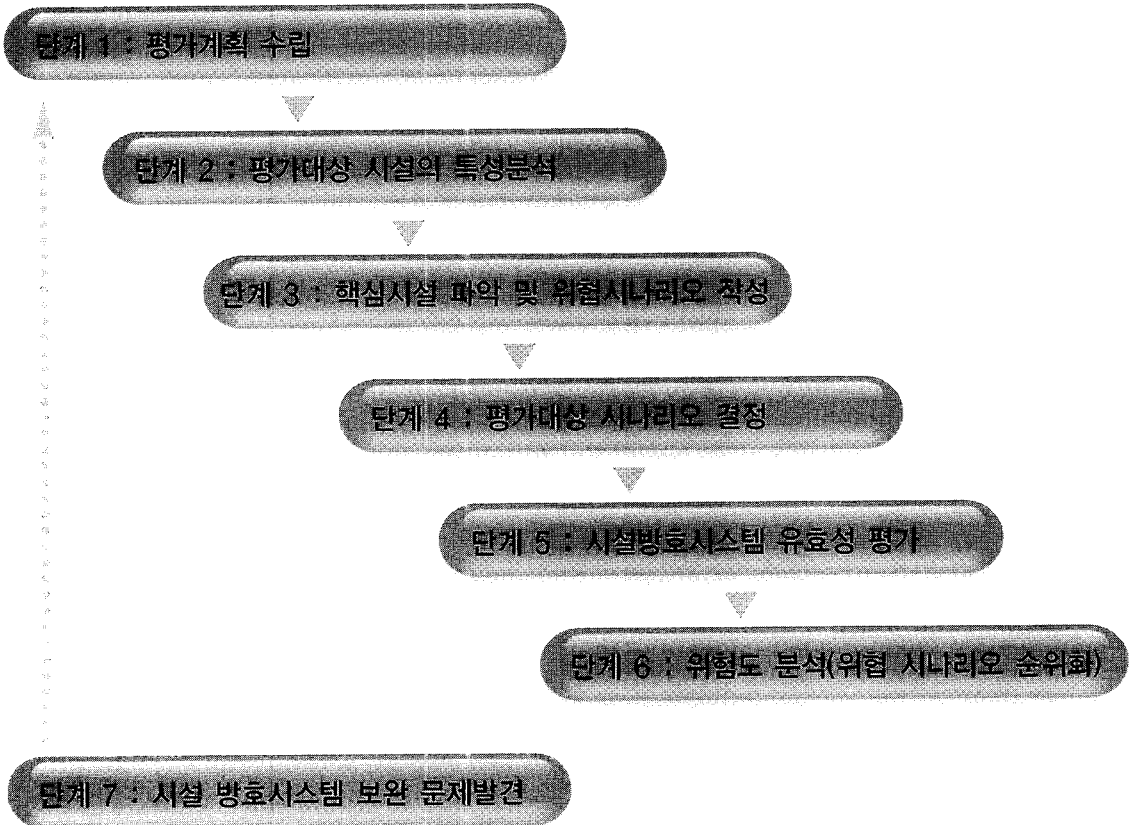


그림 1. 물리적방호 위험도 분석 방법론

유형 및 수, 침입자가 휴대할 수 있는 도구, 무기, 폭발물, 차량 및 위협이 현실화되었을 경우 나타날 수 있는 결과등이 포함되어야 한다. 시설에 대한 방호 위험도 분석이 현실적이고 실제적이기 위해서는 가능한 모든 위협시나리오가 도출되어야 하기 때문에 이 단계가 위험도 평가에 가장 중요하다.

단계 4 : 평가대상 시나리오 결정

3단계에서 도출된 위협시나리오는 발생가능한 모든 형태의 위협에 대해 작성되었기 때문에 보다 심도 있는 평가를 위해서는 시나리오 선별작업이 필요하다. 시나리오 선별을 위해서는 도출된 핵심시설의 타당성 뿐만아니라 위협시나리오의 구성요소들을 평가해야 한다. 선별에 대한 기준 및 방법은 평가단에서 결정해야 하며 일반적으로 도표를 이용하고 있다.

단계 5 : 방호시스템의 유효성 평가

5단계에서는 시설의 방호시스템 유효성 평가가 수행된다. 방호시스템 유효성 평가는 시설에 설치되어 있는 방호시스템이 4단계에서 설정된 위협시나리오에 대처하는 능력을 평가하는 작업이다. 시설내 방호 시스템의 유효성을 평가하기 위해서는 우선 방호 시스템의 구성요소들에 대한 특성과 성능을 파악하고 분석해야 한다. 일반적으로 유효성 평가도구는 주로 침입자의 침입경로와 침투시간을 분석하는 구조로 되어 있으며 정량적인 확률로 표현된다. 그러나 정량적인 평가도구는 보조 수단이기 때문에 평가단에서 최종 결정을 내려야 한다.

단계 6 : 위험도 분석(위협시나리오 순위화)

시설내 방호시스템의 유효성 평가결과를 바탕으로

도출된 위협시나리오에 대한 위험도 분석이 이 단계에서 수행된다. 위험도 분석은 도출된 각 위협시나리오별로 위험도를 평가한 후 위험도의 크기에 따라 순위를 결정하는 과정이다. 위험도 순위가 결정되면 현 방호시스템이 위험도가 큰 위협시나리오에 대처할 수 있는지 평가하여 미흡할 경우 대책 수립의 과정을 거치게 된다.

단계 7 : 시설 방호시스템 보완

6단계에서 시설내 물리적방호 시스템이 순위가 높은 위협시나리오에 대처하기 미흡하다고 판단되면 방호시스템 보완작업이 필요하다. 방호시스템의 보완에는 비용소요가 많으므로 효율성과 경제성을 면밀히 검토하여 방호시스템 보완 수준을 결정하여야 한다.

4. 결론

원자력시설에 대한 위험도 관련 연구는 그동안 기 사고에 의한 안전(safety)측면에 집중되어 왔다. 그러나 2001년의 미국 9.11 테러 사건, 2006년의 런던테러 등 지금까지 상상하지 못했던 형태의 테러사건이 발생함에 따라 원자력시설에 대한 실질적인 위협이 증대되었고 이에 따라 방호(security)측면에서의 위험도 분석 필요성이 제기되었다. 이에 따라, 미국을 중심으로한 여러나라에서 방호위험도를 분석하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

국내의 경우, 2004년 ‘원자력시설등의 방호 및 방사능방재대책법’ 발효를 계기로 원자력시설에 대한 위험도 분석에 대한 법적인 토대가 마련되었지만 방법론 등 관련연구는 아직 초기단계이다. 현재 한국원자력통제기술원을 중심으로 우리나라 실정에 맞는 방법론을 구축하기 위한 연구가 활발히 진행중에 있으

며 본고는 그동안의 연구결과를 바탕으로 국내실정에 맞는 원자력시설에 대한 물리적방호 위험도 순위화 방법론을 제시한 것이다. 본고에서 제시한 방법론은 총 7단계로 구성되어 있으며 각 단계별로 상세한 내용을 설명하였다. 신뢰할 수 있는 분석결과를 얻기 위해서는 대상시설의 특성을 파악하고 가능성이 있는 모든 위협시나리오를 도출하여 분석하는 것이 필요하다. 본고에서 제시한 방법론은 아직 초기단계로 향후 원자력시설에 대한 위험도를 분석하기 위해서는 더 많은 연구와 보완이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 중장기 과제 ‘물리적방호 신기술개발’의 연구성과 일부이며 과학기술부의 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Biringer, Betty, "Security risk assessment and management", John Wiley & Sons, 2007
2. J. Gaertner, "Probabilistic consequence analysis of security threats", EPRI technical report, April 2004
3. Garcia, Mary Lynn, "Design and evaluation of physical protection systems", Butterworth-Heinemann, 2001
4. Garcia, Mary Lynn, "Vulnerability assessment of physical protection systems", Butterworth-Heinemann, 2006