

파이로시설 안전조치성 평가요소 및 평가방안 개발

안성규*, 권은하, 김봉영, 김호동, 서희, 신희성, 오종명, 원병희, 이채훈, 장홍래, 박세환, 구정희
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*skahn76@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력시설 안전성 측면의 규제기관에 의한 인허가 개념은 안전조치 분야에서는 '국제 안전조치접근법'을 'IAEA'가 적용하는 것에 해당한다.

안전성에 대한 인허가 절차 및 기준, 심사 주체인 규제 기관은 국내 원자력법에 의해 명확하게 규정할 수 있는 반면, 안전조치는 '시설 내 유의량의 핵물질 전용 및 미신고 핵물질 생산 오용의 적시 탐지'라는 최상위 목표를 달성하기 위해 '다양한' 안전조치 수단을 '적절히' 조합하는 방식으로 이루어지기 때문에 안전조치 관점에서 '인허가가 가능'할 것인가를 평가하는데 모호한 측면이 있다. 한 가지 명확한 점은 IAEA와 국가 간 체결하는 안전조치협정에 따라, 국가는 핵물질을 취급하는 원자력시설, 운전, 핵물질에 대한 정보를 IAEA에 제공할 의무를 지며 IAEA는 이를 바탕으로 적절한 안전조치접근법을 마련하여 시설에 적용할 의무를 진다는 점이다. 마련한 안전조치접근법을 실제 적용하는데 시설 운전이나 구조에 영향을 미쳐야 하는 부분은 IAEA와 시설(국가) 간 조율을 통해 합의하는 절차를 거친다.

본 연구에서는 '시설(국가)과 IAEA가 수용 가능한 비용과 노력'으로 'IAEA 안전조치 목표를 달성'할 수 있을 것인가를 검토하기 위해서 필요한 안전조치성 평가 요소와 평가 방안을 개발하였다.

2. 본론

안전조치성은 '원자력 시스템에 효과적이고 효율적으로 안전조치를 적용함에 있어 그 용이함의 정도'로 정의한다. 즉, 어떠한 원자력시스템도 충분한 자원이 있다면 안전조치가 가능하다는 점을 전제하고 있으며, 안전조치 수단의 적용이 용이한지를 나타낸다. 안전조치성은 안전조치 효과성과 효율성으로 구분할 수 있다. 본 연구에서의 안전조치성 평가 대상은 일반적인 원자력 시설이 될 수 있지만, 특히 파이로 시설에 대한 안전조치시스템과 예상되는 IAEA의 사찰 검증 이행 활동이 적절하게

수행될 수 있도록 시설 운전이나 구조를 포함한다.

2.1 안전조치성 평가 요소 개발

평가 요소 도출을 위하여 기존의 대표적인 핵확산저항성 및 안전조치성 평가방법을 검토하였고, 파이로시설 안전조치성 평가를 위한 요소는 그 목적에 따라 규제기관의 관점이 반영된 방법([1], [2])을 세부 분석하여 이를 기반으로 파이로시설의 개념설계 단계에서 적용할 수 있는 평가요소를 도출하였다. 안전조치 유효성은 고려하고 있는 안전조치시스템 및 이행방안이 IAEA 안전조치 목표를 달성할 수 있는가를 평가하는 것으로서 5개 분야에서 총 11개의 평가요소로 구성하였다 (Table 1 참조). 안전조치 효율성은 안전조치시스템 비용이나 사찰 검증 비용과 시설운전 효율성 측면에서 수용 가능한가를 평가하는 것으로, 2개의 평가요소로 구성하였다. 결과적으로 총 6개 분야, 14개의 평가요소로서 KAPF 안전조치성을 평가하고자 한다.

2.2 안전조치성 평가 요소 개발

각 평가요소 별로 개략적인 평가 방안을 도출하여, 그 일부를 예시로 Table 2에 나타내었다. 계량관리 정보 적시성 및 정확성과 안전조치 비용 수용성 요소는 일정부분 정량적인 평가가 가능하고, 그 외의 평가요소는 정성적인 평가가 이루어 질 것으로 예상된다. 평가는 각 요소별로 최대한 예/아니오(Y/N) 형식의 결론을 도출하고자 하며, 만족시키지 못한 요소에 대해서는 원인을 '기술간극(technical gaps)'으로서 도출한다. 기술간극에 대한 추가 분석을 통해 해결 가능성과 시점을 제시함으로써 안전조치를 고려한 시설 설계에 반영하고자 한다.

3. 결론

기존의 안전조치성 평가방법을 참고하여 분석하여, 파이로시설의 개념설계 단계에서의 안전조치성 평가요소를 도출하고 개략적인 평가 방안을 도출하였다. 향후 파이로 시설 및 안전조치시스템을 대상으로 각 평가요소에 대한 분석을 통해 실제 안전조

치 인허가를 만족할 가능성을 평가하고 부족한 점을 도출하여 향후 설계 및 연구개발에 반영하고자 한다.

4. 감사의 글

이 연구는 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었다 (원자력 기술개발사업, NRF-2012M2A8A5025947).

5. 참고문헌

- [1] 장홍래 외, “핵확산저항성 및 안전조치성 평가 방법론 개발,” 한국원자력연구원 기술보고서, KAERI/TR-5244/2013, 2013.
- [2] 이나영, 서장훈, 유호식, “핵확산 저항성 강화를 위한 안전조치성 평가 방법론 분석,” 한국원자력 통제기술원 기술보고서, KINAC/TR-019/2015, 2015.

Table 1. Effectiveness Metrics for Safeguardability Evaluation

분야	평가요소	세부 평가 고려사항
설계정보 가용성	설계정보서 적합성	설계정보서 필수정보 기재(시설 배치, 핵물질 흐름 및 격납 특성에 관한 설계정보의 검증 가능성) 여부
	설계검증 용이성	설계정보 조기 가용성 및 DIV 최신 기술 적용 가능성
계량관리	계량관리정보 적시성	계량관리정보 적기준비 및 보고
	계량관리정보 정확성	MUF 및 MUF 불확도
격납/감시 모니터링	격납/감시장비 기술성	격납감시 장비의 자동화(적용된 격납감시 장비의 최신화 등) 정도
	격납/감시장비 적용성	격납/감시장비의 시야성 확보 및 설치 공간 확보 여부 C/S수단의 유지보수, 검증이 가능한가
	공정모니터링 효과성	비전용의 신뢰에 확신 제고의 수단으로써 공정모니터링을 적용할 수 있는가
핵물질 검증 가능성	핵물질검증 기술성	핵물질 종류별 측정을 통한 검증 가능 여부
	핵물질검증 적용성	현장적용 (측정 시간, 시설 구조, 태고 식별 등) 가능성 여부 요구에 따른 on-site IAEA 장비가 사용되거나 설치 가능 여부
전용/오용 탐지성	전용경로 보장성	운전특성 (격납 및 감시의 빈도, 주기) 및 핵물질 이동경로 분석
	오용시나리오 보장성	시설의 설계가 오용 시도를 어렵게 하며, 사찰관에게 가용한 접근성, 장비, 데이터가 주요 오용 시나리오 파악을 가능하게 하는지 여부

Table 2. Example Approach for Each Safeguardability Evaluation Metric

평가요소	평가방안
계량관리정보 적시성	시설자가 계량관리 정보를 적기에 준비할 수 있는가를 평가(Y/N: NRTA 적용주기와 PIT 시점이 시설운전 일정을 고려하여 가능한지를 평가)
계량관리정보 정확성	NRTA, NMA의 계량불확도 시뮬레이션 결과를 분석하여 KMP에서의 예상불확도 범위에 따른 달성 가능한 MUF불확도 평가(정량: MUF불확도~분석불확도 민감도 분석 결과, hold-up 등 MUF 예상치 결과 수치도 제시 하여 이를 반영한 MUF불확도 분석, KMP 계량불확도 예상치는 ITV를 고려하여 설정하고 분석함)
격납/감시장비 적용성	예상되는 IAEA의 격납/감시 장비의 설치 공간, 시야 확보가 시설 설계에 반영되었는지를 평가 (Y/N: 정성평가) C/S장비의 검증방법(가능성)을 포함하여 분석