

Safeguards-by-Design 프로세스에 관한 기술현황 분석

신희성, 송대용, 안성규, 한보영, 박세환, 정정환, 엄성호, 김호동

한국원자력연구원, 대전 유성구 대덕대로 1045

Shinhs@kaeri.re.kr

1. 배경

Safeguards-by-Design (SBD) 프로세스는 핵물질 취급시설의 설계단계에서부터 안전조치(Safeguards)를 비롯하여 안전(Safety), 보안(Security) 및 핵확산저항성 (Proliferation Resistance) 등을 반영하는 것을 의미한다. 미국에서는, 2008 년 6 월에 차세대안전조치구상(NGSI : Next Generation Safeguards Initiative)을 착수하고, IAEA는, 2008 년 10 월에 SBD 관련 워크숍(Facility Design and Plant Operation Features that Facilitate the Implementation of IAEA Safeguards)을 주최하고, 이어 2009 년 4 월에는 3S(safeguards, safety and security)에 대한 국제 워크숍을 개최함으로써, SBD 프로세스에 대한 연구가 세계적으로 활성화되었다[1-4].

현재 파이로시설을 설계/건설하고 있는 우리의 입장에서는, SBD 프로세스가 국제 표준화되어 가는 경향에 대한 상황을 파악하여, 파이로시설 구축에 반영할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 문헌을 중심으로 SBD 프로세스의 기술현황을 분석하였다.

2. SBD 프로세스

2.1. 주요 특징

SBD 프로세스는 핵물질 취급시설 설계의 초기 단계부터 개입하여, 국제 안전조치, MC&A, 물리적 방호 요건을 설정하고, 물리적 방호 및 핵확산 저항성(안전조치성 포함)을 향상시킬 시설의 내부 특징을 초기에 공식화한다. 또한, 과제수행과 국제 안전조치, MC&A, 물리적 방호에 대해 긴밀히 협조할 수 있도록 설계의 각 단계마다 세부사항과 분석자료를 제공하고, 효과적인 협조를 위한 간단명료한 계획을 수립한다. 그리고 모든 규제 요건은 핵물질 취급시설의 설계와 협조하는 유연성을 갖는다.

2.2. 단계별 SBD 업무

Fig. 1에 핵물질 취급시설의 계획단계에서부터 건설 및 운영 단계까지의 SBD 프로세스를 분류하여 제시하였다. 각 단계에서 필요한 SBD의 업무를 아래에 정리하였다.

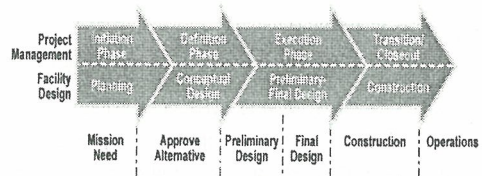


Fig. 1. SBD 적용을 위한 핵시설 구축단계 분류

2.2.1 계획단계에서의 SBD 업무

계획단계에서는, 안전조치 분류를 바탕으로, 등급별 접근방법을 이용한 적절한 안전조치 필요요건을 설정하고, 안전조치 분류 및 기본 안전조치 설계 접근법의 적용능력을 바탕으로 등급별 접근에 의한 SBD 프로세스의 공식 수준을 확립한다.

프로젝트 시스템 공학과정을 통하여 규정 요건을 설계 개념에 반영하고, 안전조치 수행 요건을 만족시키기 위한 개념적 전략을 개발하고, 부합여부를 분석/논증한다.

위험 요소 경감 전략을 포함하여 안전조치 수행 요건에 부합하기 위한 개념적 전략과 관련된 과제 위험요소를 예비 평가하고, 안전조치 분류의 문서화, 실행 요건에 부합하는 개념적 전략 및 과제 위험요소를 평가한다.

2.2.2 설계단계에서의 SBD 업무

설계가 진행됨에 따라 안전조치 분류 및 적절한 요건을 입증하고, 안전조치 수행 요건에 부합하기 위한 전략의 개선 및 관련 설계 요건을 수정한다. 그리고 완성된 설계, 안전조치 수단과 설계 세부사항과 관련된 불확실성을 감소시키고,

완성된 설계 및 연구 개발 활동의 결과를 바탕으로 위험요소 경감 전략의 개선을 포함한 안전조치 수행 요건에 부합하는 전략과 관련된 과제 위험요소의 개선에 대한 평가를 한다.

또한, 규정된 안전조치 요건 및 이에 부합하는 전략과 관련된 지속적인 시스템 공학과 설계 활동을 하고, 잠재적으로 IAEA 안전조치에 종속된 시설에 대해 본 단계에서는 설계 정보서(Design Information Questionnaire)에 제시된 정보에 관한 IAEA와의 협력 및 시설 부록에 대해 협상한다.

마지막으로, 다음 단계를 위해 허가의 일환으로 안전조치 설계 및 과제책임자와 관할 조정자에 의해 공식적으로 승인된 분석 서류를 개선한다.

2.2.3 건설단계에서의 SBD 업무

건설단계에서는 안전조치에 영향을 주는 분야의 현장 및 설계 변화를 검토하기 위한 안전조치 전문가들을 지속적으로 참여시키고, 안전조치 전략이 안전조치 수행 요건에 부합함을 입증하는 분석을 수행한다.

건설이 진행됨에 따라 준공설계가 안전조치 요건에 부합 여부 입증에 포함된 지속적인 시스템 공학과 품질 보증 확인 활동을 한다. 이는 또한 시설 또는 공정의 변화에 앞서 시공이 완료될 때 안전조치 수용 검토 및 실증을 포함한다.

공정 제약에 대한 부차적인 전략 수정을 포함하여 공정에 있어서 안전조치 실행 요건에 부합하는 전략을 이행하기 위한 절차, 방책, 계획을 개발한다. IAEA 안전조치에 종속되는 시설에 대해 IAEA 설계 정보 검증 활동이 시작되고 IAEA 안전조치장비의 배달 및 설치하는 이 단계에서 완료된다. 건설이 완료될 때, IAEA 안전조치의 실행에 필요한 모든 장비가 설치되고, 테스트되며, 수용된다.

2.3 SBD 프로세스의 적용효과

SBD 프로세스의 적용을 통하여 얻을 수 있는 기대효과는 다음과 같다.

- 핵안전 위험요소 및 핵 확산 위험요소 감소, 운영 효율성의 증가와 더불어 경제적인 이득을 얻을 수 있음
- 국제 안전조치, 물리적 방호, MC&A와 안전을 위한 설계 과정의 효율성 및 효과성 증가
- 위험 관리 향상과 과제 비용 및 일정 차질 감소

3. 결론

본 연구에서는 핵물질 취급시설의 구축에 적용되는 SBD 프로세스의 기술현황을 분석하였다. 이들 결과는 현재 진행중인 파이로시설의 안전조치 기술개발의 연구방향 설정에 참고자료로 활용될 것이며, 앞으로 보다 세부적인 SBD 프로세스에 대한 분석과 전문가들과의 교류를 통하여 최적의 안전조치 시스템 구축방안을 도출할 계획이다.

4. 참고문헌

- [1] Robert S. Bean, John W. Hockert, and David J. Hebditch, "Intergrating Safeguards and Security with Safety into Design," 19th Annual EFCOG Safety Analysis Workshop (May 2009).
- [2] T. Bjornard, et al, "Improving the Safeguardability of Nuclear Facilities," INMM 50th Annual Meeting (July 2009).
- [3] Trond Bjornard, "Safeguards-by-Design Some Framing Considerations," IAEA workshop on the Facility Design and Plant Operation Features that Facilitate the Implementation of IAEA Safeguards (October 2008).
- [4] T. Bjornard, et al, "Safeguards-by-Design : Early Integration of Physical Protection and Safeguardability into Design of Nuclear Facilities," Proc. of Global 2009, Paris, France (Sept. 2009).