



안정적 역할 수행에서 선진적 체제 구축과 확산으로



황용수
한국원자력통제기술원 원장

- 서울대학교 원자핵공학 학사
- UC Berkeley 원자핵공학 석·박사
- 前 한국원자력연구원 책임연구원
- 前 원자력안전위원회 전문위원
- 前 한국원자력통제기술원 정책연구센터장
- 前 IAEA 사무총장 자문위원
- 前 미국제전략문제연구소(CSIS) Visiting Fellow

I. 들어가면서: 원자력의 평화적 이용을 위한 핵비확산·핵안보 체제

1953년 드와이트 아이젠하워 미국 대통령의 “Atoms for Peace” 주장은 국제원자력기구 (IAEA) 창설이란 구체적인 결실로 나타났고 이후 국제사회는 평화적 원자력 이용 증진을 위한 다양한 협력을 추진해 왔습니다. 대한민국도 국제협력을 통해 1959년 TRIGA Mark II 연구용 원자로 도입했고, 1978년 최초의 상용원전인 고리 1호기 가동을 시작으로 2021년 현재 24기 원전을 운영 중이며, 방사성 동위원소 활용 및 UAE 원전 수출 등 지속적인 원자력 에너지 이용 프로그램을 추진하고 있습니다.

평화적 원자력 에너지 이용 주창의 배경에는 미-소 냉전의 여파로 인한 핵무기 개발 경쟁이 있었습니다. 미국, 소련뿐 아니라 영국, 프랑스 그리고 중국 등 총 5개국이 핵무기를 보유하게

되었고 인도, 이스라엘, 남아프리카공화국 그리고 파키스탄까지 실질적인 핵보유국으로 등장하며 핵확산이 지속되었습니다.

이와 같이 세계 각국이 핵무기를 앞 다투어 보유하는 현상에 제동을 걸기 위한 국제사회의 다양한 노력은 핵실험금지조약을 필두로 1975년 핵비확산조약(NPT) 체제로 귀결되었으며, 2021년 발효된 ‘핵무기금지조약(TPNW)’ 등 핵무기 없는 세상을 추구하는 국가 및 집단과 개인들의 활동은 현재에도 지속되고 있습니다.

핵무기 개발 억제 및 핵무기 없는 세상을 위한 노력과 병행해 2001년 9·11테러 이후 핵물질과 방사성 물질을 이용한 테러를 제한하는 것이 국제사회의 주요 관심사가 되었습니다. 이에 따라 핵비확산의 수단 중 하나였던 핵안보는 독립적인 분야로 부상하였습니다. 핵물질방호협약(A/CPPNM)에 명기된 바와 같은 국제사회의 핵안보 체제 확립이 지속적으로 요구되고 있습니다.



[그림 1] 안전조치 검사 현장

특히 테러 집단에 의한 원자력발전소 등 각종 국가기간시설에 대한 테러활동을 사전에 탐지하고, 불의의 사태 발생 시 테러 활동을 지연시키면서 피해를 최소화하는 종합적인 대응 방안을 도출, 운영하는 것이 필수적으로 요구되고 있습니다.

II. 핵비확산·핵안보를 위한 네 가지 분야 현황 및 비전

원자력의 평화적 이용 증진을 체계적으로 뒷받침하면서 핵무기 개발 및 원자력시설에 대한 테러 행위 등을 방지하기 위해서는 네 가지 실현 수단이 필요합니다. 평화적 이용에 쓰이는 핵물질의 전용을 통한 핵무기 개발을 금지하기 위해 핵물질이 원자력시설에서 언제나 엄격히 통제될 수 있도록 하는 ‘안전조치’와 핵물질 및 해당 기술·정보가 국가간 불법으로 유통되지 않도록 하는 ‘수출입통제’, 핵물질 등을 이용한 테러행위와 원자력시설에 대한 테러 활동을 방지하기 위한 ‘물리적방호’, 그리고 원자력시설 운전을 위한

제어망 등 각종 핵심 전산장비에 대한 ‘사이버보안’입니다.

안전조치(Safeguards)에 있어 IAEA는 원자력시설이 신고한 각종 핵물질의 존재 및 질량에 대한 정보를 언제 어디서나 정량적으로 확인할 수 있도록 하는 ‘계량관리 체제’ 운영을 요구하고 있습니다. 연구 과정 및 시설 운영에서 발생하는 이러한 정보를 문서로 보고하고 이에 대한 현장검증이 수행될 수 있도록 회원국들에 요구하고 있으며, 대한민국도 국제 안전조치 체제에 적극적으로 참여하고 있습니다. 우리나라는 이러한 관리 체제가 엄격하게 작동되도록 원전 등 주요 원자력 시설에 주재원을 상주시켜 운영하고 있으며 IAEA 사찰 시 현장 검증을 지원하고 있습니다.

한국원자력통제기술원(KINAC)은 향후에도 이러한 노력을 적극적으로 수행하며, 특히 IT에 기반한 혁신 기술을 근간으로 기존 계량관리 체제를 보완할 수 있는 선진 격납 감시(Containment and Surveillance) 체제를 개발하고자 합니다. 이를 통해 기존 계량관리 체제의

적용에 기술적 애로가 있는 신규 원자력 시스템에 적용할 수 있는 안전조치 방안을 선제적으로 강구해 나갈 것입니다.

수출입통제 분야에서는 UAE 원전 수출을 통해 축적된 지능형 수출통제심사 프로그램을 더욱 고도화하면서 첨단 수준의 해당 프로그램이 국제사회에서 널리 활용될 수 있도록 할 예정입니다. 이와 함께 안전조치 분야에서 개발한 온라인 소량핵물질관리시스템을 특화해 비파괴 검사 등 소량의 핵물질을 활용하고 있는 많은 국가에 전파하는 데 노력하고자 합니다. 이러한 선진적인 수출입통제 체제 운영 및 해외로의 노하우 이전은 원전 수출에 매진하는 정부 및 업체들의 노력을 더욱 뒷받침할 수 있을 것입니다.



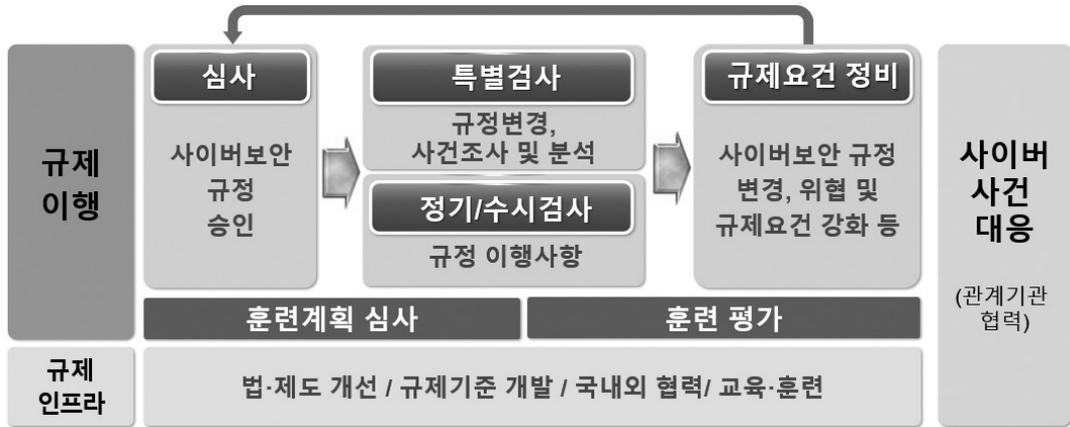
[그림 2] 물리적방호 검사 현장사진

원자력시설에 대한 테러 및 핵물질을 이용한 테러 방지를 통해 KINAC은 핵안보 달성에 노력하고 있습니다. 최근 우려가 높은 EMP(Electromagnetic Pulse, 고출력전자기파) 위협에 체계적으로 대응하기 위한 노력은 핵안보 분야의 주요 현업으로 자리잡고 있습니다. 테러 행위에 대비하고 발생 시 조기에 탐지하고

테러활동을 지연시켜 적기에 진압 작전이 효율적으로 수행되도록 하기 위해 KINAC은 관련 원자력시설의 설계 단계부터 사업자가 제출한 물리적방호 계획의 구체성과 실행 가능성을 심사합니다. 시설 운영 중에는 물리적방호 체계를 검사하면서 성능 개선을 위한 방안을 강구하며 정기적인 훈련을 통해 관련 계획 및 물리적방호 수준을 검증하는 체계를 운영하고 있습니다.

효과적인 물리적방호 체제 구축을 위해 현장 침투를 지연시킬 수 있는 다양한 구조물을 연구하고, 드론 위협을 방지하며 적시 탐지·대응할 수 있는 다양한 수단을 적용하도록 규제요건을 개발하고 있습니다. 나아가 심층방호(Defense In Depth) 시스템을 적용하는 등 만일의 경우 드론 침투가 현실화 되더라도 원전의 안전성이 훼손되지 않도록 핵심 시설에 추가적인 물리적 방벽을 설치토록 요건을 제시하고 있습니다.

사이버보안은 아무리 강조해도 지나치지 않을 만큼 핵심 현안으로 부각되고 있습니다. 원자력 시설에 대한 사이버보안 역무에서 KINAC은 원전 안전 운영을 책임지는 제어망이 외부 공격으로 인한 영향없이 독립적으로 정상 운영되도록 설계 단계에서부터 시설 운영 단계에까지 엄격하게 규제할 수 있도록 제도를 정비하고 있습니다. 이러한 전방위 사이버보안을 위해 필수디지털자산(Critical Digital Assets)에 대한 제어 소프트웨어 개발, 업데이트, 운영 단계별 무결성을 유지할 수 있도록 체계적으로 검사하는 체제를 구축하고 있습니다. 이와 동시에 해당 하드웨어



[그림 3] 사이버보안 규제체계

구입, 교체 운영 등에서도 불법적인 접근이 불가능하도록 하는 방안이 강구되어야 하며 이를 위해 필수디지털자산에 대한 접근을 철저히 관리하도록 체계적인 규제에 노력할 계획입니다.

또한 이란 스틱스넷 사태에서도 잘 나타나듯이 장기적이고 철저한 준비 하에 시도되는 악성 코드(malware)의 결정적인 작동을 억제하도록 첨단 탐지 및 제어를 위해 사이버 위협과 그 영향에 대한 구체적이며 상세한 기술적 시뮬레이션도 수행되어야 합니다. 이를 위해 KINAC은 2021년과 2022년에 걸쳐 테스트베드(test-bed) 구축 및 연구를 추진하고 있습니다.

III. 한반도 비핵화를 위한 노력

핵비확산을 위해서는 북한 핵문제에 대한 관심과 노력이 중요합니다. 북핵 실험 등 우발 상황에 대비한 각종 자료 분석을 위한 전문 체제

를 상시적으로 운영하는 것이 기반 되어야 합니다. KINAC은 은밀한 핵활동을 탐지·감시하고 검증하는 IAEA와 협력하고 있고, 핵비확산·핵안보 체제에 대한 국제 공동의 기술적 대응에 참여하고 있으며, 핵확산 방지의 일환으로 수출통제 업무를 수행하고 있어 북핵 문제를 기술적, 외교적, 국제정치적으로 종합적으로 볼 수 있다는 장점을 가지고 있습니다. 이를 기반으로 KINAC은 북한 핵활동 정보에 대한 분석을 지원하고 있습니다.

KINAC의 제반활동은 공개 자료를 이용한 전문 분석에 국한되어 있는 한계가 있으나 오랜 기간의 활동 평가를 통해 축적된 전문성을 기반으로 북한의 핵활동 역량 평가 활동을 수행하면서 국내외 유관 기관 및 전문가들과 교류활동을 확대하고자 합니다. 또한 북한 영변 원자력단지의 변화를 추적하면서 관련 활동을 추진하고 있거나 의혹이 있는 강선 및 풍계리 시설 등 다양

한 핵시설과 우라늄 광산 및 정련·제련 시설에 대한 정보 분석을 위해 더욱 노력해야 합니다.

특히 평화적인 비핵화 방안의 핵심 사항인 협력적 검증 활동 및 북한에 대한 협력적 위협 감소 (Cooperative Threat Reduction) 프로그램 개발 등 국제사회의 체계적인 공조가 필요한 분야에서 실질적인 기술지원이 필요합니다. 또한 최근 국내외에서 활발히 개발 중인 AI 및 Machine Learning 기법을 이용해 북한 해당 시설의 특이 현상을 체계적으로 분석하기 위한 연구기반 마련에도 많은 관심을 기울이고 있습니다.

IV. 교육훈련을 통한 국제 위상 제고 및 국내 인식 증진

KINAC이 수행하는 교육훈련 프로그램은 국내 기관 및 종사자들을 대상으로 하는 프로그램과 해외 기관 및 종사자들을 대상으로 하는 프로그램으로 대별됩니다. 국내 교육훈련 프로그램은 크게 원자력통제 교육과 물리적방호 교육으로 나뉘는데 원자력통제 교육은 원자력시설의 계량관리 담당자와 연구분야 전문가들을 대상으로, 물리적방호 교육은 원자력시설의 방호 종사자들과 일반 종사자들을 대상으로 시행되고 있습니다. 최근 코로나19 사태로 일부 대면교육에 어려움이 있으나 적극적인 방역 대책을 적용하여 차질 없이 수행하고 있습니다.

향후 코로나19 사태가 종식되더라도 비대면 교육훈련은 하나의 수단으로 자리잡을 것으로

예상됩니다. 이러한 사회적 현상을 적극 반영하여 원자력통제 및 물리적방호 교육훈련 프로그램을 보완하고 추가 개발해 나갈 계획입니다. 뿐만 아니라 한반도 비핵화 등 특화된 대상별 교육훈련 프로그램을 적극 개발할 예정입니다.



[그림 4] 국제 교육훈련 장면



[그림 5] 국제핵안보교육훈련센터(INSA) 전경

2012년 서울 핵안보정상회의에서 천명한 바와 같이 KINAC은 원자력 이용 및 규제 인프라 구축을 추진 중이거나 예정하고 있는 국가들을 대상으로 국제 교육훈련 프로그램을 시행중입니다. 안전조치, 수출입통제, 물리적방호 및 사이버보안 등 핵비확산·핵안보 분야 전문 소양을 구축하도록 교육훈련 프로그램을 운영하고 있

으며, 원자력시설에 대한 사찰을 시행하는 IAEA 사찰관들을 대상으로 하는 프로그램을 통해 이들의 역량 증진에 기여하고 있습니다. 특히 우리나라는 경수로와 중수로를 함께 운영하고 있으며, 핵연료 제조시설과 파이로 공정 모의시험 시설(PRIDE) 등 다양한 핵연료주기시설이 위치하고 있어 IAEA 사찰관들의 체계적 교육훈련에 유리한 환경을 갖추고 있습니다. 이에 KINAC은 국제 교육훈련의 허브로서의 역할을 더욱 적극적으로 수행하고자 합니다. 또한 교육훈련 범위를 확장해 핵비확산을 위한 국제 협력체제 확립에 기여하면서 관련 Young Fellow 양성을 위한 프로그램 개발에도 더욱 노력할 예정입니다.

V. 맺음말

상기에서 간략히 살펴 본 바와 같이 평화적인 핵비확산·핵안보 체제 구축 및 전파를 위한 노력은 실효적인 수단을 개발·실현하는 것뿐 아니라 한반도 비핵화와 동북아 지역에서의 평화적 안보 협력 체제 구축을 위한 국제사회 및 대한민국의 노력을 구체화하기 위해 필수적으로 필요한 사안입니다. 이와 같은 노력은 또한 평화적 원자력 이용 증진에 노력하는 대한민국의 위상 강화에도 기여할 것입니다.

KINAC은 이와 같은 과업을 충실히 달성하기 위해 더욱 노력하고 있습니다. 특히 구성인력이 상대적으로 젊다는 점과 업무 성격이 기술, 정

책, 외교 등 다양한 분야에 연계되어 있다는 점에서 향후 공학 분야뿐 아니라 국제 정치학 등 다양한 분야를 융합하는 통합적 노력에서 긍정적으로 작용할 수 있다고 전망하고 있습니다. 따라서 미래를 향한 계획을 구상하고 모든 구성원들의 활발한 소통 하에 구체적인 결과를 도출하고, 국내외 유관 기관 및 일반 국민들에게 그 결과를 투명하게 전파하기 위한 체제 구축이 무엇보다 시급히 추진되어야 할 것입니다. 이를 위해 2006년 창립 이후 지속적으로 확보한 양질의 인력을 세계적 전문가 집단으로 양성하는 것이 필요하며, 한국과학기술원 등 교육기관 및 세계 유수의 연구기관 등과 연계를 통해 세계적인 전문가 양성을 위한 교육을 실시하는 방안을 강구할 것입니다.

이와 함께 정책 당국자, 언론 및 학계의 국내 오피니언 리더들을 대상으로 핵비확산·핵안보의 중요성과 현장 적용성이 높은 구체적인 수단에 대한 교육, 한반도 비핵화를 위한 융합 과정 개발 등 다양한 교육훈련 프로그램을 개발해 핵비확산·핵안보에 대한 인식 제고에도 더욱 노력할 예정입니다.

또한 앞에서도 언급한 주요 분야에서 핵심 기술 개발을 선도하기 위해 각 분야별 국내외 협력 체제 구축을 위해 협업 체제 구축으로 선도적 노력을 본격적으로 추진해 진정한 글로벌 핵비확산·핵안보 리더로서 대한민국이 확고히 자리잡도록 노력하겠습니다. **KINF**