

# 원자력발전소 수출과 방사선안전규제

한승재, 조건우, 이승행  
한국원자력안전기술원

## I. 서 론 (Introduction)

최근 우리나라는 요르단에 연구용원자로 및 아랍에미레이트연합(UAE)에 원전을 수출하게 됨으로써 원자력 분야는 국민의 큰 관심거리로 떠오르게 되었다. 2~3년전부터 '원자력'은 이미 글로벌화 에너지원이 되어가고 있으며 국제원자력협회(WNA)<sup>1)</sup>에 의하면 세계 30개이상의 나라에서 원자력발전계획을 심각하게 검토 중에 있다. 원자력발전계획에는 원자력투자, 안전규제, 폐기물정책 및 폐로, 나아가 핵비확산 및 원자력보험 가입들이 포함된다. 국제원자력기구(IAEA)는 한 국가가 원자력발전계획을 착수하는데 있어서 착수 결정전 검토, 결정후 원전건설 준비작업 및 최초 원전 이행활동을 위해 반드시 검토해야 할 사항에 대하여 명시하고 있다.<sup>2)</sup> 아울러, 12개 항목의 검토인자를 제시하고 있다. 2009년 원자력안전백서<sup>3)</sup>에 따르면 원자력안전규제는 "원자력의 이용·개발에 따르는 방사선위해로부터 국민과 환경을 보호하기 위한 행정규제이다"라고 정의하고 있다. 여기서 '방사선위해'라는 용어는 '원자력안전규제'의 넓은 의미보다는 어쩌면 방사선방어학회와 같은 전문성에 근거한 그룹에서 더 구체적이고 흥미로운 주제로서 다루기에 충분하다고 생각된다. 바로 '방사선위해'때문에 '방사선방호'의 전문성이 필요한 것이고 그런 전문가들이 모인 자리에서 '원자력발전소 수출과 방사선안전규제'도 이야기거리가 될 수 있다고 생각된다. 사실 우리나라는 원자력발전소 수출경험이 없기 때문에 본 논문에서 길게 그리고 심층적으로 설명할만한 내용은 거의 없지만 연구용원자로 및 원전수출 확정과 함께 안전규제와 연계하여 추진되고 있는 그동안의 현황에 대한 소개와 우리나라 방사선방호의 발전방향을 검토하는 것은 필요하다고 판단된다.

## II. 원자력안전규제

원자력안전규제의 활동범위는 ①원자력관계 법령의 제·개정, 기술기준 및 규제지침 개발·보완을 포함하는 규제체계 구축, ②안전규제기관의 조직체제 및 인력·예산 등의 규제자원 확보 및 ③원자력시설의 인허가 심·검사, 사고대응/감시활동을 포함하는 안전규제 행위의 3가지로 구분할 수 있다. 그밖에 부속활동으로서 규제기관의 위상제고 및 협력에 관계하는 직접 및 간접적 안전규제활동이 포함될 수 있다.



한편 수출이 결정되면 수출원전에 대한 설계안전성 검토 및 인허가 지원의 수순을 밟게 된다. 일례로, 최초 원전 도입국인 UAE 와 요르단은 우리나라 원자력안전규제기관에게 심사 및 검사 지원을 요청한 바 있다 또한, 추가원전 도입국인 핀란드와 남아공화국은 신규원전의 사전검토 및 인허가 단계에서 규제기관간 협력이 필요함을 표명한 바 있다.

## 2. 수출과 관련한 안전규제 추진 현황

수출관련 안전규제분야의 지원방안(안)은 2009년 9월 제256차 원자력위원회에 ① 국내외 전략적 협조체제 구축 및 활용방안 및 ② 원전 도입국 대상의 「종합 규제지원 패키지」 마련을 골자로 하는 내용을 보고함으로써 본격적으로 시작되었다. 아울러, 그동안 국내원전 도입 가능성이 있는 나라에게는 철저한 안전규제 인프라 구축 지원을 공약하여 왔으며, IAEA의 ANSN(아시아원자력안전네트워크)의 지원 및 역할을 통해 아시아지역에 대한 원전수출의 가능성을 적극 지원하는 한편, IAEA 및 OECD/NEA 등 국제기구에서의 우리나라 원자력안전규제의 인지도 및 능력을 향상시켜 왔다.

2009년 9월에는 「KINS-KAIST 국제원자력안전석사과정」<sup>\*)</sup>을 개설하여 안전규제 전문인력을 양성하고 있으며, 「KINS 국제원자력안전학교」를 통하여 IAEA 기본훈련과정(BPTC: Basic Professional Training Course), 신규원전 인허가교육과정 등을 운영하여 후발국 규제인력 교육프로그램을 활성화하고 있다.

원전 도입국의 다양한 요청에 따라 맞춤형 탄력적 적용이 가능한 「종합 규제지원 패키지」(Integrated Regulatory Infrastructure Support Service, IRISS)를 개발 중에 있으며, 「종합 규제지원 패키지」의 주요골자는 표 1과 같다. 패키지의 운영은 법·제도, 교육훈련, 안전성평가·검사지원은 현지에서 현장훈련은 국내에서 병행 운영하는 모듈로 구성되어 있다.

또한, '2009년 9월에는 안전규제 전문기관인 KINS에 원전수출을 적기에 체계·전략적으로 지원하기 위한 전담조직인 「원자력안전국제사업단」이 설치되어 ① 사전 안전성검토 및 설계인가 등 수출전략노형 규제업무에 관한 사항(수출전략노형 : APR+, APR1000, SMART, 연구용원자로), ②국내원전 도입국가에 대한 제반 규제지원 업무에 관한 사항, ③ 최초 원전도입국 규제인프라 구축 등 컨설팅 업무에 관한 사항 및 ④ IAEA IRRS(통합규제검토서비스) 수검 등과 같은 기능 및 역할을 수행하고 있다.

주 1): KINS: 한국원자력안전기술원, KAIST: 한국과학기술원

표 1. 「종합 규제지원 패키지」(IRISS) 주요 내용

프로그램	주요내용
① 법적/제도적 인프라구축 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원전 건설·운영 인허가 및 검사 요건 등 법적 인프라</li> <li>○ 국가차원의 규제행정 시스템 및 조직구성                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부규제기관 및 민간기술지원기관의 유기적 연계 시스템</li> </ul> </li> <li>○ 규제요건체계 및 규제지침서 개발</li> </ul>
② 교육훈련 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원전 안전규제요원 교육훈련 프로그램                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기본교육, 심화교육 및 분야별 전문교육</li> </ul> </li> <li>○ 심사 및 검사 기법에 대한 교육훈련</li> <li>○ 현장 OJT교육                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원전 건설현장에서 실제 규제수행팀으로부터 교육 훈련 기회</li> </ul> </li> </ul>
③ 안전성평가 및 검사 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원전별 안전성 검토(심사) 지원                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 부지조사보고서, 환경영향평가보고서, 안전성분석보고서 등 심사</li> </ul> </li> <li>○ 검사업무 지원                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요기기 제작검사, 원전 사용전 검사 등</li> </ul> </li> </ul>

#### IV. 원자력 및 방사선방호의 환경변화

박동극 등<sup>4)</sup>에 따르면 국내외의 향후 원자력 환경에 대한 미래변화로서 2030년까지의 원자력 이용 및 산업환경 변화를 7가지의 인자들로 요약하고 있다. 즉, ①원자력 이용확대에 따른 다양한 원자력시설의 증대(우리나라의 경우, 2030년까지 10기의 원전 추가건설, 2017년까지 6기의 원전 가동) ②신형원자로 개발에 따른 안전개념의 원전설계도입과 실용화로 새로운 시설 건설, ③기존 원전의 가동연수 증가로 인한 노후화 및 가동 호기수 증가 등으로 새로운 위험요소에 대한 안전관리 수요의 발생, ④계속원전의 재연장 또는 폐로 및 해체시기의 도래, ⑤사용후 핵연료 및 고준위방사성폐기물의 안전관리에 대한 정책의 구체화 및 영구처분장 확보, ⑥원전시설 증대에 따른 신규인력 수요증대와 원자력 경험자의 세대교체, ⑦원자력안전규제의 국가별 개념에서 IAEA를 중심으로 한 원자력안전의 규격화와 국제적 관리체제로 운영 및 MDEP 등에 의한 다국적 안전성 확인과 국제 공동인증(원자력 수출 및 이용확대에 적용)들이다.

미국은 현재 31기의 신규원전 건설 및 운영에 대한 인허가 준비를 추진하고 있으

며 현재 운전중인 104기 중 거의 절반에 해당하는 48기의 원전에 대하여 기존 수명 40년에서 60년으로 운전 연장을 인가하였다. 아울러, 과학 및 공학적인 연구를 통하여 20년을 추가하는 가능성 즉 80년까지 원전 수명 연장을 평가하는 연구를 수행중에 있다. 미국은 2017년 신 국가에너지 정책에 따라 건설된 첫 신규원전이 상업운전을 개시할 계획이며 계속해서 15~20개의 원전이 연속적으로 가동된다.

여론조사에 따르면 미국인은 83%가 기존원전의 허가 갱신을 지지하며 66%가 기존 원전부지 부근에 신원전을 건설하는 것을 지지하고 있는 것으로 나타났다. 2008년 6월 Zogby International의 여론조사에 따르면 미국인들의 67%는 그들의 거주지역에 건설을 우선적으로 신규 원전 건설을 지지하는 것으로 나타났다.<sup>6)</sup>

미국보건물리학회는 최근, *Health Physics News*를 통해 ‘원자력 재유행(Resurgence)-보건물리 직업 영향<sup>6)</sup>에서 ‘원자력 부흥(Renaissance)으로 환영받는 원자력 재유행에 따른 방사선방호 직업의 단기-장기적 영향은 무엇인가?’라는 내용에 관한 특집 기획 기사를 게재한 바 있다. 그동안 미국에서는 원전 가동중과 핵연료 재장전, 발전소 유지보수시 직무 방사선량을 받는 약 10만명의 방사선작업종사자에 대한 방사선안전 관리, 발전소 주변 주민 및 환경 관리 그리고 방사능방재 교육 및 훈련 등의 방사선방호 활동을 수행해왔다. 방사선방호 종사자들은 ① 방사선안전 성능개선 경험을 통한 원자력발전 안전윤리 및 문화 구축, ② 원전 종사자의 방사선피폭의 ALARA 유지 프로그램을 개발하여, 고방사선 구역에서의 안전관리 및 연속적 개선을 통한 극적인 선량저감을 이룩하였다. 실제로 지난 25년간 발전소 1호기당 종사자 연간집단선량은 774 person-rem에서 106 person-rem로 약 7배 개선되었으며, 25년간 종사자 평균선량은 660 mrem에서 140 mrem로 약 5배 개선되었다. 과거 10년간(1997-2006) 원자력 산업안전사고발생률은 3배 감소하였다.

미국보건물리학회는 원자력 재유행에 대한 방사선방호의 발전방향으로서 방사선방호에 대한 원전산업전략 수립을 위해 주로 산업체 실무자로 구성된 실무그룹 ‘RP2020’과의 동반자 관계를 유지하는 것을 원칙으로 하고 있다. 실무그룹 ‘RP2020’은 사업자가 중심이 되어 2020년 신원전 가동의 파급에 따른 방사선방호의 미래 도전에 대한 다음 3가지의 전략을 개발하는 것을 목표로 하고 있다.

## ○ 인력

현재 원전 방사선방호 요원의 50%가 50세 이상이며 향후 10년간 정년퇴직에 직면하고 있다. 그러나, 신규 방사선방호 요원의 취업율은 감소 추세에 있으며 40세 이하 요원은 전체인력의 약 10%이다. 따라서, 최소한 3세대 방사선방호 직무를 위해 향후 70년간 원전에서 필요한 보건물리 및 기능요원의 개발이 요구되고 있다. 결과적으로, 향후 10년간 1,000명의 보건물리 및 기능요원이 필요하거나 또는 미래 원전에서의 방사선방호 관리방식의 변화가 필요하다. 이에 따라, 원자력산업 및 보건물리학회의 솔루션 개발이 필요하다.

## ○ 기술기준

2007년 12월 ICRP Publication 103이 발간되었으며 IAEA는 방사선방호 BSS를 개정 중(ICRP 103 신권고 반영)이고 이는 2010년에 발간 예정이다. ICRP 103 및 BSS는 차세대 방사선방호 규제의 근간을 이룰 것이다. 원자력 이용 국가들은 ICRP 신권고와 IAEA기준을 병합하여 어떻게 또는 언제 규제법을 개정할 것인지를 이미 평가중이다. 미국 원자력규제위원회(NRC)는 규제법 개정 검토를 위하여 보고서를 제출 중에 있다. 방사선방호 규제법의 개정은 한 세대에서 다음세대의 변천이 아니라 둘 또는 세 세대까지 앞으로 비약함을 고려하고 있다. 실무그룹 'RP2020'은 NRC 규제법의 가능한 개정범위를 평가하고 있으며, NRC요원이 검토하기 위한 입력자료를 마련하고 있다.

## ○ 방사선이해

미국 방사선방호 규제 및 보건물리 관행은 LNT가정에 기초하고 있다. 규제기관 및 사업자는 원전에서 기체 및 액체유출물의 방출로부터 일반인 보건 및 안전 영향 가능성은 현저히 낮은 것으로 평가하고 있다. 원전주변 주민의 연간최대선량은 1 밀리렘 이하, 원전 주변 80킬로미터 (50마일) 내의 주민평균선량은 0.01밀리렘으로 계산하였다. 실무그룹 'RP2020'은 NRC 및 방사선 관련 규제기관에 LNT를 반영한 법개정을 요구하고 있다. 새로운 도전에 대한 보건물리학회의 대처 방안은 반대자와 지지자간의 논란은 지속시켜서는 안되고 방사선안전프로그램의 투명성을 개선하고 명확하고 접근이 용이한 정보를 개발하는 것이다. 이러한 예로 HPS 방사선입문(www.radiationanswers.org)을 들 수 있다.

## V. 우리나라 방사선방호의 발전 방향

원자력 또는 방사선방호 관련 발전계획은 2005년 1월 제29차원자력안전위원회에서 결정한 “원자력안전규제중장기종합계획”, 2008년 12월에 수립되어 시행되고 있는 “방사선안전종합계획”, 2010년에 수립된 “원자력안전종합계획” 및 “방사능방재발전계획”이 있다.

우리나라 방사선방호 전반의 현행 규제체계, 관행 및 인프라 등 방사선방어학회의 관점에서 현실적이고 구체적인 발전방안을 도출하기 위해 추진되고 있는 계획은 「국가방사선안전관리 기본계획(안)」이다.<sup>7)</sup> 「국가방사선안전관리 기본계획(안)」 수립은 2010년대 국가 방사선방호를 선진수준으로 높이기 위한 포괄계획 구성을 그 방향으로 정하고 있으며 특히 원전수출 등 높아진 국가 위상을 고려하여 국가품격 관리를 위해 방사선방호 분야가 기여하고자 하는데 있다. 제도, 기반, 사회, 국제 및 연구의 5개 부문을 정책목표(안)으로 하여 개선방안이 도출되고 있으며 정책목표(안)의 세부항목별 일부 주요내용은 표 2와 같다.

표 2. 「국가방사선안전관리 기본계획(안)」의 세부 정책목표 별 개선방안(안)

정책목표(안)	개선방안
전문인력	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전문화된 방사선방호인력 양성센터 운영</li> <li>- 방사선취급면허를 방사선안전관리자 자격으로 전환</li> </ul>
규제효율화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 포괄 인허가제, 위험비례 규제(RIR), 최적화 문화 확산, 수시검사 활성화</li> </ul>
법규체계	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 방사선방호 패러다임 변화 활용성 제고를 위해 법규체계 전면 개편</li> <li>- ‘방사선방호법’ 분리입법 추진</li> <li>- 규정에 국내여건의 고유특성 반영</li> </ul>
‘방호최적화문화’를 위한 변화요구	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ‘최적화정보센터’ 설치 운영</li> <li>- 규제기관 방사선방호 조언 권한 확보</li> </ul>
원전 방사선안전관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 동일 지역 다수호기 운영으로 인한 환경영향 관리 원칙 정립</li> <li>- 협력업체 종사자 규제</li> <li>- 방사성폐기물 발생량 감축</li> </ul>

표 2에서 제시되고 있는 개선방안들은 미국에서 검토 중에 있는 원자력 재우행에 대한 방사선방호 발전방향 내용과 일치하거나 보다 진화된 방향을 담고 있다. 이러한 국가방사선안전관리 기본계획(안)의 추진은 시의적절하며 바람직한 것으로 판단된다. 아울러, 보다 견실한 계획이 되기 위하여 방사선방호 여러 분야의 전문성의 결집이 필요한 것으로 판단된다.

## VI. 결 론 (Conclusion)

국가 원전수출전략에 부응하는 원자력안전규제의 역할 및 지원에 대한 다양하고 실질적인 프로그램 및 전략개발과 이행계획 수립은 현재 진행중에 있다. 원전수출 등 높아진 국가 위상을 위해 방사선안전과 방사선방호의 기여는 지속적으로 증대되어야 한다. 글로벌 원자력환경 변화에 따라 우리나라 방사선방호의 미래전략을 구상할 시기는 이미 도래되었다. 우리나라의 총체적인 방사선방호 전문성이 결집되어 수립되는 국가방사선안전관리 기본계획(안)을 적절한 예산의 뒷받침 하에 체계적으로 단계적으로 이행해 나가야 할 때이다.

참고 문헌 (REFERENCES)

1. World Nuclear Association, <http://www.world-nuclear.org/info/inf102.html>
2. Considerations to Launch a Nuclear Power Programme, IAEA, 2007
3. 교육과학기술부, '2009년 원자력안전백서', 2009
4. 박동극 등, 미래사회 트렌드로 본 원자력안전규제. KINS/RR-738, 2009
5. IAEA, Legal and Governmental Infrastructura for Nuclear, radiation, Radioactive Wasate and Transport Safety, No. GS-R-1, 2000
6. Ralph Andersen, The Resurgence of Nuclear Power, Impact on the Health Physics Profession, *HealthPhysicsNews*, Volume XXXVI Number 7, July 2008
7. 이재기, "2010년대 국가방사선안전 기본계획 수립(안)에 관한 토론회" (2010. 2.)