

규제 효과성 제고를 위한 노력과 향후 계획

김 군 태

한국원자력안전기술원 원자력시설안전본부 안전총괄부장



서울대학교 핵공학 학사
한국과학기술원 핵공학 석사, 박사(열수력)
한국원자력안전기술원
안전평가부 원자로안전해석실 책임연구원
개혁위원회 위원 및 성과관리팀 팀장
안전규제부 운영기술분석실 책임연구원
안전규제부 규제총괄실 실장

머리말

화석 연료의 고갈과 고유가 시대에 현실적인 에너지 공급원으로 서 그리고 지구 온난화에 대한 우려가 고조되고 있는 가운데 에너지 문제와 환경 문제를 동시에 해결할 수 있는 해법으로 원자력 발전이 재인식되어 최근 원자력계 내외부에서 ‘원자력 르네상스’ 또는 ‘원자력 중흥기’ 라는 말이 자주 언급되고 있다.

그러나 ‘원자력 르네상스’는 단순히 시대의 변화로 주어진 것이 아니라, 과거 수십년 동안 원자력 안전을 위해 헌신한 원자력계의 노력이 재평가되고 신뢰가 밀받침되었기 때문에 얻어낸 것으로 보아야 하며 이러한 노력이 계속되어야 ‘원자력 르네상스’도 지속 가능한 것이 될 것이다.

본고에서는 원자력계의 국내외 최근 동향을 살펴보고 이러한 상황에서 원자력 안전 규제가 갖는 역할과 의미, 그 특성을 살펴보고 보다 효과적인 안전규제를 실현하기 위해 원자력안전기술원이 지속적으로 경주해온 노력과 향후 추진하고자 하는 과제에 대하여 점검하고자 한다.

원자력산업의 국내외 동향

최근 국제 사회는 하루가 다르게 유가 기록이 갱신되는 신고유가 시대를 맞이하였다. 그 요인으로는 중국, 인도 등 신흥 경제 개발국의 에너지 수요의 폭발적인 증가와 공급 여력의 감소, 전 세계적인 에너지 수급 체계의 불안정성, 중동의 불안요인 등을 꼽을 수 있다.

그런데 더욱 심각한 것은 국가 간의 에너지 확보 경쟁이 가속화되고 국가 간 패권 전략으로 확대되고 있다는 점이다.

또한, 지구 온난화의 주요인이 되고 있는 온실가스의 감축을 위하여, 교토의정서에 따라 온실가스 삭감 실행 기간(2008년~2012년)이 실행되고 2013년 이후 국제 온실가스 저감 체제인 이른바 '포스트 교토의정서'가 발효되어 세계 각국에 온실가스 감축 의무가 부과될 예정이다.

이러한 배경 하에 국제 사회는 지구 온난화와 고유가에 대처할 수 있는 현실적인 에너지원으로서 원자력을 재평가하고 이의 활용을 적극 확대하고 있다.

미국은 TMI 원전 사고 이후 신규 원전의 건설을 중단하였지만 2001년 신에너지 정책 발표이후 급년 상반기까지 30여개 원전의 건설 계획을 발표하였다.

일본은 2030년까지 현재 20%대인 원자력 발전 비중을 40%로 확대하는 것을 골자로 하는 '신국가 에너지 전략'을 확정하였다. 에너지 소비 대국인 중국은 2020년까지 30기의 원전을 건설한다는 계획이다.

원전 폐지 정책을 추진해온 독일도 메르켈 총리 취임 후 원전 폐지 정책에 대해 전면 재검토를 시사한 바 있다. 영국, 스웨덴, 노르웨이, 스페인 등 유럽 각국도 원전 폐지 정책에서 원전 건설로 정책을 전환하고 건설 계획을 연이어

발표하고 있다.

59기의 원전을 가진 프랑스는 2012년 매년 1기씩 원전 건설을 추진하는 한편 EPR 노형을 개발하여 해외 원전 시장 개척에 열심이다.

세계적으로 35기의 원전이 건설 중이고 47기가 계획 중인 가운데 미국, 프랑스, 러시아 등 원자력 선진국은 원전 시장 선점 및 기술력 확보를 위한 노력을 경주하고 있다.

안전 규제 분야의 국제적 협력을 통해 신규 원자로 설계의 안전성을 증진하기 위한 표준화된 규제 체계를 수립하기 위하여 IAEA 등 10개국이 참여하는 다국간 설계 인증 프로그램(MDEP : Multi-national Design Evaluation Program)이 추진되고 있다.

국내에서도 신고리 1,2,3,4호기 및 신월성 1,2호기가 건설중이며 신울진 1,2호기가 건설되면 2015년까지 28기의 원전이 가동될 예정이며, 최근 국가에너지 기본계획 수립을 위한 공청회에서 9~12기의 원전을 추가로 건설하여 원자력발전 비중을 55~60%까지 높이는 방안이 논의되었으며 향후 더 많은 국민적 공감대를 형성한 후 올 하반기에 결정될 예정이다.

원자력 발전이 국제 사회에서 다시 주목을 받게 된 배경에는 원자력의 안전성 확보를 위한 사업자 및 규제 기관의 노력과 이를 입증해 주는 객관적인 운전 경험 자

료에 대한 일반 주민의 신뢰가 결정적으로 작용하고 있다. 국내에서도 원자력 발전을 계속 추진하기 위해서는 안전성 확보가 최우선되어야 한다는 인식하에 다양한 형태와 방법으로 안전 규제를 수행하여 안전성을 증진시키기 위해 노력하고 있다.

원자력 안전 규제

원자력 안전 규제는 크게 안전 심사 및 안전 검사로 구분된다.

건설 중인 원전의 건설 허가 및 운영 허가 심사는 안전성분석보고서 및 운영기술지침서 등에 대한 검토를 통하여 설계 내용이 원자력 관계 법령 및 기술기준에 충족하며, 또한 비상안전절차서 등 제반 운전 지침이 설계대로 확립되어 있는지를 확인함으로써 원전 운영에 따른 제반 안전성을 평가하는 절차이다.

사용전 검사는 건설 허가 이후 원자력 시설의 건설 및 시공, 설치 과정에서 설계된 대로 이루어지는 지 확인하기 위한 것이다.

가동중인 원자력발전소에 대하여는 법령에 따라 최대 20개월 주기로 정기 검사를 실시한다. 정기 검사는 주요 설비의 상태가 기술 기준을 만족하는 상태로 유지되는 지 확인하기 위한 것으로 운영중인 발전소의 안전성을 확인하는 매우 중요한 규제 활동이다.

또한, 운전 기간이 경과함에 따라 설비의 노후화로 인한 안전성

저하를 방지하고 운전 경험 및 최신 기술 개발의 결과를 반영하여 가동중인 원자력발전소의 안전성을 향상시키기 위해 주기적 안전성 평가(PSR : Periodic Safety Re-view)를 수행한다.

이는 가동중인 원자력발전소에 대해 경년 열화, 시설 변경, 운전 경험 등 일정 기간 동안 누적된 영향을 평가하고, 원자력발전소의 운전 기간 동안 고도의 안전성이 유지됨을 보증하기 위하여 10년 주기로 그 안전성을 재평가하는 제도으로써, 현재의 안전 기준 관점에서 가동 중 원자력발전소의 안전성 여부와 장기간의 안전성 유지 대책이 적절히 이행되고 있는가를 종합적으로 평가하는 것이다.

이러한 정기적인 검사와 평가 이외에도 원자력발전소 현장에 주재하는 주재관이 원자력발전소의 일상 업무에 대하여 관련 규제 요건 및 기술기준을 만족하는지 여부를 지속적으로 확인하기 위하여 수시검사가 수행된다.

규제 효과성 제고를 위한 노력

이러한 규제 업무를 수행함에 있어 원자력안전기술원은 규제 효과성을 향상시키고 합리적이고 과학적인 원자력 안전 규제를 실현하기 위하여 아래와 같은 사항에 대하여 수 년간 노력을 경주하여 왔다.

1. PM 제도의 강화

원전별로 안전 검사 및 안전 심사를 전담하는 규제 사업 책임자(PM)를 두어 규제 결정의 일관성을 확보하고 사업 추진의 책임성을 강화하였으며, 그 결과 안전 현안에 대한 종합적인 관리가 가능해졌으며 대정부, 대국민 대외 창구의 단일화를 통한 신뢰를 증진시킬 수 있게 되었다.

2. 정기 검사 전담팀제 이행

최근 신규 건설 원전의 인허가 심사, 계속운전 안전성 심사, 주기적 안전성 평가 등 최근 안전 심사 업무가 지속적으로 증가하고 있으며, 현장 중심의 안전 검사 강화에 대한 외부적인 요구가 증가하고 있다.

이러한 상황에 대처하기 위하여 원자력안전기술원은 제한된 규제 인력을 최적화하여 2006년 3월부터 전 원전의 정기 검사에 전담 검사팀 제도를 도입·운영하였다.

도입 결과, 현장 검사원 수를 감축하여 인력 활용의 효율성을 향상시키고, 현장 입회 및 확인 활동 시간, 토의 시간의 증가 등 현장 상주 개념의 현장 밀착형 집중 검사를 실현하였다. 사업자 측에서도 안전성 기여 및 규제 효율성 향상 효과가 있는 것으로 평가하였다.

3. 리스크 정보 활용 정기 검사(RIPI: Risk Informed Periodic Inspection) 이행

원전의 리스크 및 성능 정보를 종합적으로 활용하여 정기 검사제를 합리적으로 개선하기 위하여 리스크 정보 활용 정기 검사 제도를 2006년도 7월부터 노형별로 단계적으로 도입하여 현재 전 원전에 확대 적용하고 있다.

안전 중요도가 높고 성능 실적이 미흡한 기기 및 운영 절차에 대한 점검사항을 보완함으로써 실질적인 안전성을 향상시키고 정기 검사의 효과성을 개선하는 효과가 있었다.

이것은 선택(안전 중요도, 성능 실적)과 집중(검사 항목, 내용, 투입 인력/시간 차등화)을 통해 규제 업무의 효과성을 제고한 결과로 볼 수 있다.

향후, 안전 성능 실적이 취약한 원전에 대하여 검사 활동을 집중하는 차등 정기 검사를 적용하기 위하여 원전의 종합 안전 성능 평가 체계를 구축할 예정이다.

4. 인적 수행도 검사(HuPI: Human Performance Inspection) 이행

2001년부터 2006년까지 발생한 원자로 정지 사례를 분석한 결과 24%가 인적 실수에 의해 계통 및 기기의 시험, 보수, 교정 및 점검, 정비 등의 과정에서 발생한 것으로 평가되었다.

인적 오류 저감화를 위하여 인적 수행도 검사 제도를 2007년 7월부터 도입하여 전 원전에 적용

<표> PSR 심사 수행 및 안전성 증진 사항 도출/이행 현황

원전	검토기간	안전성증진사항(항목 수)			합계	이행결과 심사 현황		
		설비 개선	운영 개선	안전성 평가		종결	보완	적합
고리 1	'02.12.2~ '03.11.30	8	15	17	40	40	0	0
월성 1	'03.7.1~ '04.6.30	6	9	12	27	6	7	14
고리 2	'04.1.1~ '04.12.31	2	10	11	23	7	3	13
고리 3,4	'04.7.1~ '05.6.30	2	12	8	22	5	7	10
영광 1,2	'05.7.1~ '06.6.30	0	15	10	25	3	10	12
영광 3,4	'06.4.1~'07.6.31	0	9	7	16	1	5	10
울진 1,2	'07.1.1~'08.6.31	'08. 6경에 심사 종료 예정						

※ 종결 : 적합하게 조치 완료하여 종결 처리, 보완 : 현재 추진 중인 이행 방법 보완 요구, 적합 : 현재 추진 중인 이행 방법 적절

하고 있으며 원전 운영자의 안전 의식을 고취하고 안전문화 확산을 통해 인적 오류를 저감시키는 데 기여할 것으로 예상된다.

이 검사 제도는 계통 및 기기의 성능을 확인하는 기존의 정기 검사 과정에서 인적 수행도를 확인·평가하는 것으로 이에 관련된 검사 내용을 정기 검사 점검표에 반영하여 보수, 정기/주기 시험, 점검 이전 또는 수행중에 종합적인 인적수행도를 평가하는 방법으로 아래와 같은 내용에 대하여 검사가 수행된다.

- 1) 인적 오류 발생 방지를 위한 발전소의 운영 적합성 확인
- 2) 시험, 보수, 정비에 참여하는 작업자의 교육·훈련에 대한 운영 적합성 확인
- 3) 종사자 자격 및 직무 수행 적

합성(물리적/심리적 상태 포함) 확인

5. 주기적 안전성 평가(PSR)를 통한 장기 가동 원전의 안전 관리

원전의 가동년수의 증가와 설비의 노후화로 인한 안전성 저하를 방지하고 운전 경험 및 최신 기술 개발의 결과를 반영하여 안전성을 향상시키기 위해 주기적 안전성 평가 제도를 2001년 법제화를 통해 도입하였다.

매 10년마다 11개 안전 인자, 54개 항목에 대한 평가를 수행하고 안전성 증진 항목을 도출하여 이행을 권고하고 그 이행 결과를 주기적으로 확인하고 있다.

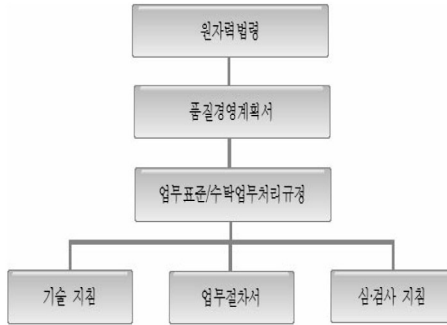
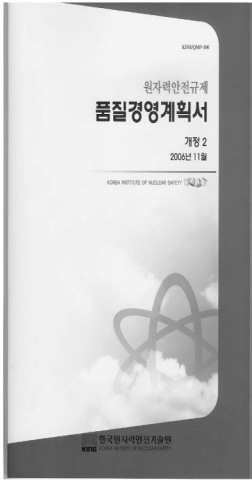
6. 안전 규제의 품질 경영

변화하는 규제 환경에서 규제의 일관성 및 효율성 증진, 신뢰 증진을 위해 IAEA의 규제 품질 경영 개념(IAEA TECDOC-1090)을 도입하여 2005년 12월부터 이행하고 있다.

원자력법령에 따른 원자력 안전 규제 업무 수행을 위한 최상위 문서인 '품질경영계획서'를 기반으로 업무 표준, 심검사지침서, 업무 절차서 등의 문서 체계를 수립하였다.

주기적 점검과 자체 평가를 통해 규제 업무 품질에 대한 이행 사항을 점검하고 개선안을 반영하여 지속적으로 규제 업무 품질을 제고하고 있다.

효과성 제고를 위한 향후 추진 과제



<그림> 원자력 안전 규제 품질경영계획서 및 품질 경영 문서 체계

1. 리스크 정보·성능 기반 규제 이행

1994년 9월에 공포한 원자력안전정책성명에서 원자로 시설에 대하여 리스크를 근거로 한 안전 규제의 실시를 선언한 바 있으나, 우리나라 고유의 규제 환경, 취약한 기술적 기반 및 구체적인 정책의 미흡으로 인하여 시험 주기 연장 등 일부 항목에만 제한적으로 적용하는 데 그치고 크게 발전하지 못했다.

그러나 최근 리스크 정보 관련 제반 기술 및 여건이 성숙함에 따라, 2006년에 리스크 정보 활용 안전 규제의 도입을 위한 종합 계획을 수립하고, 그 계획에 따라 우선 리스크 정보를 활용하여 정기 검사의 수행 방법을 개선하는 등 리스크 정보를 활용한 안전 관리

와 규제 업무 개선이 본격적으로 추진되고 있다.

2. 규제의 글로벌 컨버전스 대비

IAEA, OECD/NEA, INRA 등 각종 국제 기구 및 협의회를 중심으로 안전기준의 공조를 위해 노력하고 있으며, 특히 NEA는 MDEP을 통해 EPR, AP-1000 등의 신형 원자로에 대해 공동 검토를 수행하고 있으며 압력용기, 디지털 I&C 등의 기술기준 Harmonization을 도모하고 있다.

원자력안전기술원은 이러한 국제 사회의 움직임에 적극적으로 참여하여 국내 기술기준을 국제 수준으로 올리기 위해 노력할 것이다. 그리고 원자력안전협약 등 국제 협약을 적극 이행하고 운전안전성검토팀(OSART), 국제규제검토서비

스(IRRS) 등 IAEA의 평가 서비스를 적극 활용할 예정이다.

3. 운전 경험 반영 체제 구축

원전의 건설 허가 및 운영 허가 심사, 주기적 안전성 평가 및 각종 규제검사를 통해 사업자의 운전 경험 반영 이행 상황을 확인하고 있다.

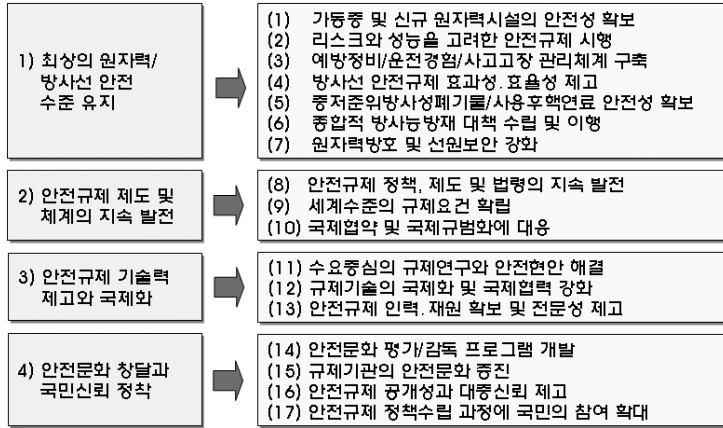
그리고 '사고·고장 조사 및 공개 절차'를 정립하였으며 사고·고장 관련 정보관리시스템(OPIS)과 후속조치관리시스템을 구축하여 및 활용하고 있다.

이를 확대하여 원자력안전규제 이행추적관리시스템(R-TRAC-ER)을 개발하고 있으며 이를 통해 각종 사고·고장의 교훈과 후속 조치를 종합적 관리하여 나아갈 계획이다.

4. 원자력발전소 인적 오류 예방 대책 이행

2002년부터 2007년 발생한 인적 오류 사례를 분석한 결과, 아래와 같은 요인들이 복합적으로 작용하여 발생한 것으로 평가되었다.

- 1) 종사자간 역량 차이 및 의사소통 체계 불명확
 - 2) 종사자 안전 의식 및 관련 교육·지원 조직 불충분
 - 3) 기능 위주의 환경·설비
- 인적 오류 저감화를 위하여 2006년 12월 '인적 오류 저감화 추진 기본 계획'을 수립하고 대책



팀을 구성하였다. 2008년 상반기 까지 단기 대책으로 사업자 측에서는 종사자 근무 관리를 강화하고 작업 환경 및 작업 방식을 개선하는 노력을 기울여 왔으며, 원자력안전기술원은 인적 요소 관련 규제 기술을 개발하여 왔다.

인적 오류의 근본적 예방을 목표로 지난 4월 원자력안전위원회 심의 의결을 통해 3대 중점 과제 및 10개 실천 과제로 구성된 '인적 오류 예방 실행 계획'을 수립하였으며 향후 5년간 추진될 예정이다.

실행 계획은 종사자에 대한 규제 및 통제보다는 근무 여건 개선 방향으로 추진하고 안전 문화를 정착함과 동시에 사기를 진작시키는 방향으로 추진될 예정이다.

5. 지식 기반 안전 규제 인프라 구축

증가하는 규제 수요와 업무 수

행 효율성을 향상시키기 위하여 IT 기술을 활용하여 규제 업무 시스템을 구축·완료하여 2008년 7월부터 운영될 예정이다.

BPM(Business Process Management) 방식으로 개발되는 규제 업무 시스템은 기존의 업무 프로세스를 더욱 정교하게 정형화하고 최적화시켜 업무 체계를 개선하고 효율성을 향상시킬 수 있으며 업무 공정 관리 및 품질 관리에 중요한 역할을 담당할 것으로 기대된다.

개발되는 규제 업무 시스템은 인허가 후속 조치 및 보완 요구 사항, 안전현안 사항 등에 대한 철저한 이행 관리를 가능하도록 하여 규제 이력 관리를 강화할 예정이다.

원자력 시설의 설계, 건설, 운영의 전 과정에 대한 안전성 확인 결과를 다차원 DB로 구축하고 심·검사 업무 결과 및 규제 경험의 지식 자산화를 추진하고 있다.

규제 업무 관련 지식의 활용을 활성화시켜 규제 기술의 전문성을 강화하고 규제 역량을 유지 개발하여, 규제 결정의 일관성 및 통일성, 기술의 연속성을 확보하고 궁극적으로 지식 기반의 안전 규제 업무가 수행될 수 있도록 지원할 예정이다.

원자력 안전 규제와 관련하여 사업자-정부-원자력안전기술원 간의 협업 체계를 구축하여 원자력 시설 인허가 신청 업무의 효율성 및 의사 소통을 향상시켜 규제 효과성을 증대시키고자 한다.

덧붙여 업무 시스템에서 취득된 규제 현황 및 안전 정보에 대하여 투명하고 체계적으로 정보를 제공하여 원자력 안전에 대한 대국민 신뢰도를 제고할 수 있을 것이다.

맺음말

원자력안전기술원은 원자력 규제 업무를 빈틈없이 수행하여 최상의 원자력안전 수준을 유지하기 노력하고 있으며, 이러한 노력의 일환으로 '세계 최고 수준의 원자력 안전 확보 및 국민 신뢰 정착'을 목표로 원자력 안전 규제 종합 계획(2007~2011)을 수립하여 추진하고 있다.

앞으로도 안전기술원은 합리적이고 과학적인 안전 규제를 실현함과 동시에 규제 효과성을 향상시키기 위한 노력을 지속적으로 경주해 나갈 것이다. ☺