

원자력 안전규제기술 연구개발 현황

최영환 | 한국원자력안전기술원

1. 원자력의 현황

원자력의 평화적 이용으로는 원자력발전소의 전력 생산, 연구용 원자로 및 가속기 등의 원자력 연구, 그리고 방사성 동위원소 이용 등이 있다. 현재 전 세계 32개국에서 443기의 원자력발전소가 가동중이며, 전 세계 전력의 약 16%를 공급하고 있다. 우리나라에서도 20기의 원전이 가동중으로 국내 전력 수요의 약 40%를 담당하고 있다. 또한 방사성 동위원소의 이용은 신약 및 신소재 개발, 농업, 공업, 환경, 의료 등 분야에서 매우 광범위하게 이루어지고 있다. 우리나라의 경우, 원자력발전소와 원자력 이용시설, 그리고 방사성 동위원소 분야를 포함하는 원자력 산업이 국가경제에서 차지하는 비중은 국민총생산(GDP)의 약 2%(약 13조원)로 추정되고 있으며, 관련 산업에 종사하는 종사자는 35,000여명에 달하고 있다. 이처럼 원자력은 이미 우리 생활과 국가 경제의 중요한 한 축으로 자리 잡고 있다.

그러나 원자력은 그 특성상 방사성 문제를 야기하며 이는 원자력을 이용하는 데 있어 피할 수 없는 문제이다. 원자력발전소의 경우, 공학적인 특성상 원전 설비의 고장 및 사고 가능성이 있으며, 비록 발생할 확률은 극히 낮지만 미국 TMI 및 러시아 체르노빌 원전 사고에서 나타났듯이 중대사고(Severe Accident)가 발생할 가능성도 존재한다. 원자력발전소에서 대형 사고가 발생할 경우, 국민의 보건과 전 국토 환경에 매우 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에 원전 안전성을 확보하는 것은 원전을 가동하기 위한 기본적인 전제조건이 된다. 안전을 확보하기 위해 원전은 심층방어(Defense-in-Depth) 요건, 다중성(Redundancy) 및 다양성(Diversity) 유지, 안전여유도(Safety Margin) 확보 등의 다양한 법적 규제요건에 따라 건설, 운영되고 있다. 최근에는 전 세계적으로 약 12,000 Reactor-Year의 원자로 운전 경험과 축적된 데이터를 바탕으로 확률론적으로 원전 안전성 및 리스크를 평가하는 방법이 도입되고 있으며, 이를 통해 원전의 안전성과 위험성을 보다 더 정량적이고 체계적으로 평가할 수 있게 되었다. 또한 원전 안전성 이행을 감시하기 위한 체계가 원자력법령 및 정부 정책방향을 통해 구축되어 있는 등 원전 안전성 확보를 위해 많은 노력이 경주되고 있다. 또한 정부는 전 국토 환경방사선 감시망 및 방사선 비상 대응 체계 구축 등으로 통해 발생할 지도 모르는 원전 사고에 대비하고 있다.

원자력 안전규제기술에 대한 연구개발도 원자력 안전성을 확보하기 위해 수행되고 있으며 여기서는 주로 원자력 안전심사, 안전검사 및 방사선 안전관리 등의 안전규제 활동에 필요한 기술을 개발하고 있다. 특히 원자력 규제의 잣대가 되는 기준, 요건 및 지침의 개발, 적시의 규제 판단을 위한 기술력의 배양, 안전 현안의 해결 및 안전 검

증기술 개발 그리고 합리적이고 효율적인 안전규제 체계 구축방안 수립 등에 대한 연구를 수행하고 있다.

여기서는 지난 10년간 수행된 원자력 안전규제기술 연구개발 내용에 대해 소개하고 현재 정부가 추진 중인 원자력 연구개발 5개년 계획에 대해 알아보도록 한다.

2. 원자력 안전규제기술 연구개발

원자력기술 선진국 수준진입과 국가에너지 자립기반 구축을 목표로 제 247차 원자력위원회(1997. 6)에서 의결되어 추진되었던 ‘원자력연구개발 중장기계획(1997~2006)’이 지난 10년간 성공적으로 수행되었으며, 원자력 안전규제기술 연구도 이 중장기계획 사업의 일환으로 수행된 바 있다. 원자력 안전규제연구는 한국원자력안전기술원이 중심이 되어 수행되었으며, 원자력 안전규제 기술개발 과제 등 5개 대과제(24개 세부과제)와 2개의 협동연구 과제가 수행된 바 있다. 연구예산은 연간 약 100억원이 투입되었으며, 연구 인력은 연 93man-year가 투입된 바 있다. <표 1>은 한국원자력안전기술원에서 수행된 원자력 안전규제 연구의 전체 현황이며, 각 연구과제 별로 주요 연구수행 내용 및 실적은 다음과 같다.

2.1 원자력 안전의 확인체계 최적화 연구

원자력안전의 확인체계 최적화 연구에서는 합리적 원자력법령체계개발에 관한 사항, 리스크정보 활용에 관한 사항, 원자력발전의 사회적 수용성 증진에 관한 사항 및 가동중 원자력발전소 출력증강에 대한 사항에 관하여 연구를 수행하였다.

합리적 원자력법령체계 구축 및 안전규제 제도/기술요건 최적화 연구 분야에서는 원자력법 분법화 하위법령 시안 및 기술요건 체계를 보완하고 원자력시설의 해체, 연구용 원자로시설 및 핵연료주기시설의 규제제도개선을 위한 원자력선진국 규제요건을 조사 분석하였다. 또한 연구용원자로의 건설/운영 품질보증 규제지침(안)을 개발하였다.

리스크정보·성능기반 규제 제도화 방안 연구에서는 리스크정보에 근거한 검사방안을 개발하고 이 방안을 활용하여 원자력발전소의 정기검사 제도를 보완한 리스크정보 활용 정기검사 방안을 수립하였다. 또한 리스크정보 활용 규제 이행에 관한 일반지침을 기술지침서 변경허가 심사에 적용하여 적용성을 평가하고 필요한 개선을 수행하였다. 그리고 리스크정보 활용 규제를 이행함에 있어서의 장애요인을 분석하여 규제환경 조성방안을 개발하였다.

원자력 안전의 사회적 수용성 증진 연구에서는 국민이 이해하기 쉬운 규제용어집 개발에 이어 안전규제 해설집을 개발하였으며, 원자력안전에 대한 사회적 수용성을 제고하기 위해 지역별 안전현안 토론회를 실시하였다. 또한 원자력 안전 및 규제에 대한 원자력발전소지역 주민의 인식을 조사하여 수립된 원자력안전규제 정보공개 활성화 방안을 실행하였으며, 지역주민의 의견수렴 및 원자력안전규제 참여확대의 시안을 도출하였다.

가동중 원자력발전소 출력증강에 따른 규제제도/지침개발 연구에서는 미국, 벨기에 등 외국의 출력증강관련 인·허가 사례 자료를 검토하여 출력증강 방법과 현황을 파악하고 OECD/NEA의 SMAP (Safety Margin Action Plan)에 참가하여 안전여유도 기술동향과 평가 방법을 파악하였으며 한국원자력안전기술원의 경수로형 안전심사 지침을 토대로 USNRC의 RS-001을 참고하여 출력증강 안전심사지침을 작성 중에 있다.

표 1. 원자력 안전규제기술 연구개발 현황

과 제 명		세 부 과 제 명	제안기관
중장기 계획사업 (원자력 안전분야)	1. 원자력 안전의 확 인 체계 최적화 연 구(대과제)	○ 합리적 원자력법령체계 및 안전규제제도/기술요건 최적화연구	KINS
		○ 출력증강 관련 규제체계 확립 및 기술지침 개발	KINS
		○ 위험도 정보·성능기반 규제 제도화 방안 연구	KINS
		○ 원자력안전의 사회적 수용성 증진 연구	KINS
	2. 원자력 안전규제 기술개발(대과제)	○ 원전 설비 운전성능 평가 규제기술 개발	KINS
		○ 원전 기기 건전성 평가 규제기술 개발	KINS
		○ 열수력 및 노심 안전해석 규제기술 개발	KINS
		○ 원전별 중대사고 대처능력 평가기술 개발	KINS
		○ 디지털 계측제어 규제기술 개발	KINS
	3. 중수로 관련 안전현안 대처기술 개발(대과제)	○ 중수로 안전현안 검증평가 체제 수립/검증기술 개발	KINS
		○ 중수로 안전해석 체제 수립 및 요소기술 개발(협동)	KAERI
	4. 원전부지 지진 안 전성 평가기반 기 술개발(대과제)	○ 활성단층 평가기반 및 DB 구축	KINS
		○ 원전부지 인근 지역의 신기단층 조사연구(협동)	KIGAM
		○ 원전부지 최대 지진력 평가 연구(협동)	KEPRI
		○ 활성단층 평가기반을 위한 GPS 자료해석 연구	천문(연)
	5. 방사선 안전규제 기술개발(대과제)	○ 방사선방호 규제기술 개발	KINS
		○ 방사성폐기물 규제기술 개발	KINS
		○ 방사능 방재·환경 규제기술 개발	KINS
		○ 국민 방사선 위험도 평가	KINS
		○ 방사선원 안전성 평가기술(신규)	KINS
		○ 열형광조사 및 전리함에 의한 치료선량 평가시스템 및 성능검증 기술개발(협동)	KAERI
		○ 치료방사선량 평가기술개발(협동)	표준(연)
	○ 방사선 방호 표준한국인 설정 연구(협동)	한양대	
6. 디지털 계측제어 안전규제 현안 개발(협동)		KINS	
7. 일체형 원자로 규제기술 개발(협동)		KINS	

2.2 원자력 안전규제 기술개발

원자력 안전규제 기술개발은 원자력시설에 대해 국제규범에 부합하는 우리 고유의 안전규제 제도 및 기술기준을 수립하고 국제규범에 부합하도록 안전규제 기준을 최적화하고 국제수준의 안전규제 기술력을 제고하는데 목적을 두고 있다. 본 과제에 포함된 6개 세부과제의 주요 연구실적은 다음과 같다.

원자력 안전규제 기술개발의 원자력발전소설비 운전성능평가 규제기술 분야에서는 규제평가용 1단계 PSA 모델(MPAS)의 성능 개선 및 2단계 MPAS 모델로 확장 개발하기 위한 기반연구를 수행하였다. 또한 각종 원자력발전소 사건, 사고시의 리스크 중요도 평가방법론 정립을 위한 연구를 시작하였다.

원전 기기 건전성 평가 규제기술 개발 분야에서는 월성 1호기 수명연장과 관련하여 ‘CANDU형 원전 계속운전 평가절차서’를 개발하였으며, 원자력발전소 주요 기기의 기기건전성 검증계산용 코드인 NPP Code 및 PROBie Code를 개발하였다. 또한 원자력발전소의 경년열화를 종합 관리하기 위한 ‘경년열화 규제 평가 프로그램’을 개발

하였다.

열수력 및 노심 안전해석 규제기술 분야에서는 원자로 계통 열수력 최적해석코드를 기반으로 검증체계를 구축하여 안전성 평가를 수행하였다. 신형경수로 1400의 현안인 원자로용기 냉각수 직접주입 열수력 현상 평가를 수행하였으며, 격납건물 재순환집수조의 성능 평가를 수행하고 있다. 고연소도핵연료 진전성 현안 평가를 위한 해석 방법을 개선하였으며, 국제공동연구(CABRI)를 통해 필요한 실험자료를 입수하고 있다.

중대사고 안전규제기술 분야에서는 고리원자력발전소 1호기 수소제어능력을 평가하고 울진원자력발전소 1,2호기 사고관리전략을 평가할 수 있도록 전산코드입력을 개발하였으며 사고 진행과정을 진단할 수 있는 기술을 개발하고 있다.

디지털 계측제어 안전규제기술 분야에서는 안전관련 소프트웨어에 대한 신뢰도 향상 및 평가기법 연구, 전산기반 절차서에 대한 현안 도출 및 평가기술 개발, RTOS, 네트워크 보안, 감시진단계통 등에 대한 미래수요 안전성 평가기술 연구, 안전 케이블에 대한 현장 잡음영향 평가기술기준(초안) 개발 등을 수행하였다.

원전구조물 안전성평가 규제기술 분야에서는 원자력시설 콘크리트구조물의 장기성능평가요건을 개발하기 위하여 방사성폐기물 관리 및 환경시설의 콘크리트 사용기술 현황을 조사하고, 구조물 열화를 고려한 내진성능 해석 방법론을 개발하고 개선하였으며 지진시간이력의 강진지속시간 및 포락함수 결정기준 및 간편 방법을 이용하고 정 기초해석 판단기준을 개발하였다.

2.3 중수로 안전성 평가체제 수립 및 안전현안 대처기술 개발

가동중 중수로의 안전성을 확보하기 위한 노력의 일환으로 중수형 원자로 고유 규제요건/지침을 개발·보완하기 위한 연구를 2000년도부터 추진하여 2001년에 완료하였다. 2002년도부터는 가동중 중수로에 대한 안전성 평가체제를 수립하고 안전 현안에 대한 대처기술을 개발하기 위한 연구를 착수하여 현재 2단계 연구(2002년~2004년)가 완료되고 3단계(2005년~2006년)가 추진 중에 있다.

중수로 계통 열수력 안전해석평가코드확보 노력의 일환으로 노심 동특성평가코드, 계통 열수력 안전성 평가코드, 격납용기 열수력 거동 평가코드를 개발하였다. 이밖에 환경방사선피폭평가를 위한 중수로용 방사선원 해석코드 및 환경방사선피폭해석코드를 개발중에 있다. 가동중 중수로에 대한 상시 안전성 평가체제 구축을 위하여 사건/사고시 안전대책 수립을 위해 중수로종합안전해석시스템을 개발, 구축하고, 중수로 안전해석에 필요한 기술정보들을 체계적이고 관리·제공할 수 있도록 중수로 안전해석 자료 관리 플랫폼을 구축하여 운영하고 있다.

이밖에 가동중 중수로형 원자력발전소의 안전현안 해결을 위하여 비상노심냉각기능상실사고와 경년열화 유인 안전여유도 재평가를 위한 모델개발 등 독자적인 검증평가 기술력 확보에 노력하고 있다. 또한 가동 중 원자력발전소에 대한 주기적안전성평가제도의 도입에 따라 중수로에 대한 안전성 평가결과를 체계적으로 검토하기 위하여 중수로용 주기적안전성평가 검토지침서를 개발·안전규제에 활용 중에 있다.

2.4 원전부지 지진 안전성 평가기술 개발

국내 원자력발전소 부지의 지질환경을 바탕으로 한 국내 고유의 활동성 단층 평가기준 및 관련 제반 기반기술 확보가 본 연구의 최종 목표이며 한국원자력안전기술원이 주관하고 한국지질자원연구원, 한전 전력연구원, 대학 등 12개 연·학·산 기관이 공동으로 2006년까지 수행 중에 있다.

국내 원자력발전소 부지의 지질 및 지진환경을 바탕으로 한 국내 고유의 활동성 단층 평가기준 및 관련 제반 기반기술 확보가 본 연구의 최종목표이며, 한국원자력안전기술원이 주관하고 한국지질자원연구원, 천문연구원, 한전전력연구원, 한국기초과학지원연구원, 대학 등 12개 연·학·산 기관이 공동으로 수행하였다.

주요 연구결과물은 주요 국가의 활동성 단층 평가기준과 관련된 기술기준 설정배경, 그리고 국내 원자력발전소 부지환경 조사정보를 종합하여 활동성단층 평가기준 및 조사·평가지침(안)을 제시하였으며, 국내 원자력발전소 부지 및 인근지역에 분포하는 신기 지질환경 특성을 조사하였다. 특히, 원자력발전소 인근지역에 발달하고 있는 신기단층에 대한 연구 결과에 대해서는 관련 전문가의 폭넓은 의견을 반영하였으며, 단층 상에서 발생할 수 있는 최대지진력 평가를 위해 확률론적 평가기법을 처음 도입하고 필요한 입력자료 등에 대한 신뢰도 분석을 수행하여 원자력발전소 부지의 지진안전성 제고를 위한 기반을 마련하였다.

2.5 방사선 안전규제 기술개발

방사선방호 검증기술 확립, 방사성폐기물 관련 종합검증체계 확립, 환경영향 평가 및 환경방사선/능 모니터링 기법 선진화 및 비상대응기술 확립, 국민 방사선 위해도 데이터베이스 구축, 방사선원 안전규제 제도의 합리화 및 안전성 평가기술 확보 등을 목표로 하는 방사선 안전규제 기술개발 과제에서는 6개의 세부과제가 수행되고 있으며 그 주요 실적 및 성과는 다음과 같다.

방사선 안전규제 기술개발 과제는 원자력시설에 대한 규제기술 개발보다 국내의 여건을 반영해야 할 요소가 더 많기 때문에 최종 목표를 「국내 특성을 반영한 국제 수준의 방사선 안전규제 기술 확립」으로 설정하였다. 방사선 안전규제 기술개발 과제는 1997년~2006년의 10년간을 3단계로 나누어 1단계는 1997년~1999년의 3년간, 2단계는 2000년~2004년의 5년간, 3단계는 2005년~2006년의 2년간으로 구성하였다. 이에 따라 1999년에 1단계의 연구를 마무리하고 2단계 연구기획을 1999년도 말부터 2000년 초까지 수행하여 RFP를 확정하고 2단계 연구에 착수하였다.

방사선 안전규제 기술개발 과제는 원자력시설에 대한 규제기술 개발보다 국내 고유의 특성을 반영해야 할 요소가 더 많기 때문에 최종 목표를 「국내 특성을 반영한 국제수준의 방사선안전규제 기술 확립」으로 설정하였다. 세부적으로는 합리적이고 과학적인 방사선방호 규제제도 확립, 방사성폐기물 안전성 검증기법의 확립, 방사선 비상대응 기술 개발 및 환경방사능감시 체계의 보강, 국민 방사선 위해도 평가 및 관련정보 전산화, 방사선원 안전성 평가기술 확보 및 방사선원 안전 인프라 강화, 그리고 치료방사선량 평가 및 성능검증기술 개발의 6개 세부과제로 분리하여 추진하였다.

한편 국내 전문기관 활용 확대를 산·학·연 협동연구체제를 마련하였고 현장과의 정보교환을 위한 「방사선안전 심포지엄」에는 산·학·연·정 관련자 500여 명이 참석하여 방사선분야의 국내 최대 심포지엄으로 정착하였다. 방사선안전 심포지엄에서는 국내 방사선 안전분야 혁신을 위한 토론 세션을 추가하였고 그 결과와 발표 자료들을 웹사이트에 공개함으로써 정보공유의 기회를 확대하였다. 좋은 사례로 평가되고 있는 방사선안전심포지엄은 2002년부터 매년 정례적으로 개최되고 있다.

안전규제 연구 성과로 기술기준 및 요건개발 8건, 검증평가기술 11건 개발, 2건의 안전현안을 분석하였으며 3종의 주제별 기술보고서를 발간하였다.

또한 「액체 혼합베타핵종 자동 방사능 분석장치」에 대해 1건의 특허를 출원하였으며, 특히 2002년도에 개발하

여 특허 등록된 원격 환경방사선 감시기(등록번호 제0368010호)는 (주)썬트렉아이를 통해 말레이시아에 6기(미화 20만불상당)를 수출하는 성과를 거두었다.

2.6 디지털 계측제어 안전규제 현안 개발

디지털 기반의 계측제어 계통설계가 채택되어 있는 국내 원전에 대한 다양한 심사 경험 및 관련 인허가 규제기술을 확보하고 있는 한국원자력안전기술원의 참여를 통하여 한국원자력안전기술원 사업과정 중에 생산되는 주요 품질문서들을 평가하고 안전규제 관점에서 제기되는 안전 현안들을 사업 초기과정에서 적기에 도출해서 설계자들에게 제시함으로써 KNICS 개발사업의 품질확보 및 경제적인 사업성에 기여할 것으로 판단하고 있다. 2005년도에 상세검토가 완료된 안전 현안 사항들은 아래와 같다.

- 안전 데이터 링크의 프로토콜인 프로피버스에 대한 설계 안전성 분석
- 통신 네트워크에 설계된 자가진단 기능 및 보안/오류제어 설계 적합성
- 원자로 보호계통 자동 및 수동시험 방법 적합성(시험찬넬 우회처리방법, 자동 및 수동시험 종류 및 중첩범위, 트립신호 차단방법, 시험신호 자동 차단 기능 등 포함)
- 원자로 보호계통 시험설비 설계등급 적합성
- 트립찬넬내 수동 및 자동 트립 논리구조(2/2논리) 설계에 대한 타당성 분석
- 인간공학분야 설계지침 개발 문서 전반에 걸친 품질의 향상

2.7 일체형 원자로 규제기술 개발

연구개발용 일체형 원자로 인허가 절차 개발의 일환으로서 국내·외 원자로 시설별 인허가 절차의 조사/분석, 신규 인허가 절차(안)의 개발 및 신규 인허가 절차(안) 제도화에 대비한 법령 보완개정 방안을 수립하였다. 연구개발용 일체형 원자로 안전 현안 도출 및 해결방안 기술개발과 관련하여 총 28개의 안전 현안을 도출하였고, 이중 10개 현안에 대한 해결방안 수립 및 관련기술 개발을 완료한 바 있다.

연구개발용 일체형 원자로 안전규제 기술요건 개발에서는 기존 규제기술 요건/지침의 적용성을 평가하여 수정 보완 또는 신규개발 필요한 규제기술요건 항목을 도출하였고 개발 방향을 수립하였다. 도출된 2개의 일반요건 항목에 대하여 요건(안)을 개발하였으며, 상세요건(안) 및 규제지침(안)도 개발하였다.

연구개발용 일체형 원자로 규제검증 평가기술 개발에서는 기존 규제검증 평가기술 적용성 평가를 통해 신규 평가기술 개발방향을 수립하였으며, 규제검증 평가 전산코드 해석모델을 개발하여 규제검증체계를 구축하고 있다. 일체형 원자로 및 피동안전계통에 대한 국외 실증실험/검증 사례와 경험을 조사하여 연구개발용 일체형 원자로 안전성입증 실험 및 검증 내용을 분석 평가하였다.

3. 원자력 연구개발 5개년 계획

정부에서는 최근 원자력법 제9조(원자력연구개발사업의 추진)에 근거하여 제3차 원자력진흥종합계획(2007~2011)의 부문별 시행계획에 따라 원자력연구개발 5개년 계획(2007~2011)을 수립하였다. 이는 원자력 기술 선진국 수준진입과 국가에너지 자립기반 구축을 목표로 추진되었던 '원자력연구개발 중장기계획

(1997~2006)'이 완료됨에 따라 그 후속 조치로 이루어진 것이다. 원자력 연구개발 5개년 계획은 '미래 국가에너지 안보 및 국민생활 향상을 위한 원자력기술 선진국 위상 강화'라는 비전하에 다음 5개의 추진목표를 가지고 있다.

- ① 안정적 원자력에너지 공급을 위한 미래 핵심기술개발
- ② 국민신뢰 증진을 위한 사전 예방적 원자력 안전관리기술 확보
- ③ 원천기술 획득 가능 분야 집중 개발을 통한 수출산업화
- ④ 방사선이용 기술개발을 통한 국민 보건 증진과 첨단기술의 기반 제공
- ⑤ 원자력 연구개발의 효율적 추진을 위한 기반 구축

이러한 추진목표를 달성하기 위해 제 3차 원자력진흥종합계획 목표의 효율적 달성을 위한 선택과 집중, 국내의 환경변화에 탄력적 대응을 위한 과제 일몰개념 도입 및 신규과제 추진의 여유를 확보, 핵심목표 달성을 위해 Gen-IV 국제포럼(GIF) 등 국제협력 적극 활용, 국제적·학제적·지역간·산·학·연 클러스터 구축을 통한 국내 원자력 연구역량의 효율적 활용, 그리고 범 정부 핵심 연구개발정책인 NuTRM과 연계한 중점전략과제 추진 등의 중점 추진 전략을 마련하였다. 그림 1은 추진 목표별 중점 추진과제를 보여주는 그림이다.

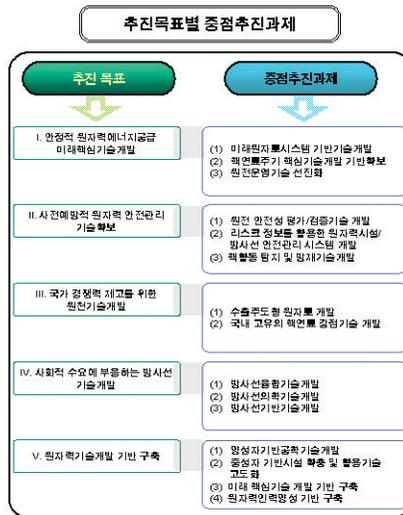


그림 1. 원자력 연구개발 5개년 계획의 추진목표별 중점 추진과제

4. 원자력 안전연구의 향후 방향

제 3차 원자력진흥종합계획('07-'11)의 부문별 시행계획에 따라 수립된 원자력연구개발 5개년 계획('07-'11)에서는 '국민신뢰 증진을 위한 사전예방적 원자력 안전관리기술 확보'를 중요 추진 목표로 삼고 있다. 이를 위해서 원전 안전성 평가/검증기술 개발, 리스크정보를 활용한 원자력시설/방사선 안전관리시스템 개발, 그리고 핵활동 탐지 및 방재기술개발 등을 중점추진과제로 추진할 예정이다. 여기서는 각 중점추진 과제의 내용과 계획에 대해 알아보도록 한다.

4.1 원전 안전성 평가 및 검증기술 개발

현재 우리나라에서는 20기의 원전이 가동중이며, 그중 12기는 10년 이상, 7기는 20년 이상 운전중에 있다. 따라서 원전의 장기 가동에 따른 가동중 원자로시설의 구조물 경년열화 평가, 계속운전(원전수명관리) 여부 결정 등 안전관련 현안문제 해결 및 안전성 향상이 요구되고 있다. 또한 미래 원자로의 안전설비 및 핵연료 개념 등 신 안전개념 입증 및 평가가 중요하게 부각되고 있다.

원전 안전성 평가 및 검증기술 개발 과제의 최종 목표는 전산코드 개발, 실험 데이터 확보, 데이터베이스 구축, 원전 핵심 안전조치 및 안전기준 개발 등을 통해 국내 고유 안전성 평가 및 검증기반을 구축하는 것이다. 이를 위한 주요 추진 내용은 다음과 같다.

- 국내 고유 규제검증 코드
 - MARS 코드 중심의 기술자립형 사고해석 규제검증 코드개발
 - 사고해석 규제검증체계 통합 사용자 편의 연계시스템(GUD) 개발
- 열수력 종합/개별효과 실험 및 해석모델
 - APR1400/OPR1000 핵심 열수력 현상에 대한 종합 및 상세 실험 데이터 생산 및 물리적 모델 개발
 - 경수로/중수로 노심 및 계통 열수력 안전특성 규명을 위한 상세 측정실험 데이터베이스 구축 및 해석모델 개발
- 재료/기기/구조의 열화 및 손상에 대한 진단, 감시 및 평가
 - 원전재료 및 기기의 열화에 대한 감시/진단/예측기술 개발
 - 구조재료의 원전환경 손상 억제 및 방지 · 안전성능개선기술 개발
 - 원전설비의 미세결함 탐지 및 비파괴 진단 신기술 개발
- 원전 설계 및 운전현안에 관한 안전성 평가방법 및 기술지침 정립
 - 재료/설비의 경년열화 및 구조물의 설계지진 평가기술 개발
 - 격납용기내 수소제어/관리 및 집수조 막힘 안전현안 평가기술개발
 - 중수로 안전관리 및 원자로 유체-구조물 상호작용 안전현안 평가기술 개발

원자력시설 안전성 평가의 핵심기술인 사고해석 검증체계의 기술 자립화를 통해 해외 기술의 의존성에서 탈피하고 향후 원자력시설의 수출시 국제경쟁력을 향상시킬 수 있을 것으로 기대되며, 또한 규제 및 안전 현안에 대한 신속하고 실증적인 규명과 원자력 안전에 대한 국민 신뢰도 및 경제성을 제고시킬 수 있을 것이다. 한편 원전 설계/건설/운영을 위한 재료분야 원천기술 확보를 통한 원전 수출 경쟁력을 제고하고 차세대 원전개발의 기술기반을 제공할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

4.2 리스크정보를 활용한 원자력시설/방사선 안전관리시스템 개발

최근 전 세계적으로 약 12,000년의 원자로 운전 경험과 축적된 데이터를 바탕으로 확률론적으로 원전 안정성 및 리스크를 평가하는 기법이 도입되고 있으며, 이를 통해 원전의 안전성과 위험성을 보다 더 정량적이고 체계적으로 평가하는 연구가 심도 있게 진행되고 있다. 이러한 차원에서 원자력 안전성의 정량화를 통한 안전관리 합리화 및 의사결정 투명화가 요구되고 있으며, 원자력시설 및 방사선 안전관리 투입 자원 대비 편익 제고를 위한 리스크정보 활용이 필요한 시점이다.

‘리스크정보를 활용한 원자력시설/방사선 안전관리시스템 개발’의 목표는 리스크정보를 활용하여 국가 원자력 시설/방사선 규제이행체계를 확립하고 안전관리시스템을 확충하는 데 있다. 이 과제의 주요 추진 내용은 다음과 같다.

- 원전 리스크/성능 통합분석
 - 원전 리스크/성능 종합평가 모델 개발
 - 원전 리스크/성능 통합 분석/관리 시스템 개발
- 차등적 안전규제 이행 프로그램
 - 종합 안전성능 평가 및 차등규제 방안 개발
 - 신개념 원자로에 대한 기술중립 규제체제/요건 개발
- 방사성폐기물 관리 리스크 차등검증 체계
 - 국내 방사성폐기물 특성 분석
 - 특이 방사성폐기물 안전관리 표준지침 개발
- 리스크 관리 요소기술
 - 환경지표 방사선/능 분석기술 개발
 - 리스크 등급별 최적 방사선 방호체제 구축

이러한 연구를 통하여 원전의 안전성 및 경제성에 대한 의사결정 수단을 확립함으로써 규제기관의 효율화 및 산업체의 경제성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대되며, 방사선리스크 저감 선진기술개발을 통해 신규 방사선 설비의 인허가 시현성을 향상시켜 이용도를 증진시킬 수 있을 것이다. 또한 국내 환경에 적합한 방사선 관리 인프라를 구축함으로써 비상시 인적/물적 손실에 대한 최적 방어대책을 수립함으로써 국가 경제손실을 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

4.3 핵활동 탐지 및 방재기술 개발

2006년 실시된 북한의 핵실험으로 핵활동 탐지에 대한 국민의 관심이 고조됨에 따라 한반도 핵활동에 대한 탐지능력을 강화할 필요성이 제기되고 있다. ‘핵활동 탐지 및 방재기술개발’ 과제의 목표는 지진파/초저주파 탐지 체계 구축, 방사성 핵종 탐지 및 분석 장비 구축, 그리고 환경방사능 감시 체계 강화 등을 통해 북한의 핵활동에 대한 탐지능력을 확보하는 데 있다

5. 결어

원자력의 안전성은 원자력을 추진하는 데 있어 가장 기본적으로 전제되는 것이다. 원자력의 안전성은 설계, 제작, 설치, 시험, 운영, 규제, 연구 등 관련 분야 전체에 걸쳐 종합적으로 확보되어야 하며 이를 위한 지속적인 노력이 요구된다. 원자력 안전규제기술 연구개발도 원자력의 안전성 확보를 위한 한 노력이며 이를 통해 국민이 안심할 수 있는 원자력이 되도록 최선의 노력을 경주하고 있다.



최 영 환

- 한국원자력안전기술원 규제기술연구부 대과제사업책임자
- 관심분야 : 원전기기건전성 및 파괴역학
- E-mail : young@kins.re.kr