원자력 안전 규제 정책 방향

이 헌 규
과학기술부 원자력국장

서 언

이 땅에 원자력이 도입된 이후 짧은 역사에도 불구하고 그 이용이 질적 · 양적으로 확대된 것은 원자력 안전성을 확보하기 위한 원자력계의 부단한 노력이 밑거름 되었다고 확신한다.

16기의 원전을 운영하여 전력의 43% 이상을 원자력이 담당하고 있다는 사실만으로도 우리 국민의 원자력에 대한 신뢰를 보여주고 있는 것이다.

현재 건설중인 4기의 원전을 포함하여 향후 2015년까지 8기가 추가로 건설된다면 그 이용이 선진 7개국 수준에 도달하게 된다.

그리고 비발전 분야, 즉 방사선과 방사성 동위원소의 이용 분야도 의학 · 농업 · 산업 · 환경 등 점차 다양해져서 이용 기관의 수도 현재 1,700여 기관에 이르고 있다.

원자력 안전 규제 정책의 목표는 원자력 이용에 수반될 수 있는 방사선 재해로부터 국민의 생명과 건강을 보호하고 자연 환경을 보전하는 데 있다.

이러한 목표를 실현하기 위해 정부가 1994년 9월 「원자력안전정책 성명」에서 천명한 안전 규제 활동의 5대 원칙이 있다. 즉 규제 기관 및 활동의 독립성, 원자력 정책 및 활동의 공개성, 안전 규제의 명확성, 안전 규제 수단 및 활동의 효율성, 그리고 안전 규제의 신뢰성 원칙 등이 그것이다.

정부는 이러한 원칙하에 원자력 시설의 안전성을 선진국 수준 이상으로 발전시키기 위한 제반 노력을 경주하고 있다. 국제적인 원자력 안전 규범을 능동적으로 수용하면서 우리의 여건과 실정에 적합한 각종 제도를 마련하고 기술 능력 배양에도 힘쓰고 있다.

무엇보다도 국내 원자력 시설에서의 사고를 미연에 방지하는 데 제1의 목표를 두고 대국민 신뢰성 제고를 위한 안전 정보의 공개, 원자력 안전 규제 정책 결정에의 국민 참여 확대 등을 추진하고 있다.

분야별 안전 규제 정책의 방향

첫째, 원자력 시설 자체에 대한 안전성 확보에 병행하여 시설의 운영 · 관리 활동에 있어서의 안전성을 확보하는 것이다.

원자력 시설은 원자력법에 따른 인허가 과정과 각종 법정 검사를 통하여 부지 선정 · 설계 · 제작 · 건설 · 운영 · 해체 등 단계별로 안전성을 확인 받아야 한다.

사업자는 안전성 분석 보고서 등을 통하여 시설을 건설 · 운영할 수 있는 기술적 능력을 증명하여야 하며, 시설의 위치 · 구조 및 설비가 정부가 제시한 기술 기준에 적합함을 입증하여야 한다.

정부는 방사성 물질에 의한 국민 건강이나 환경 보전에 장해가 없음을 확인할 의무가 있는 것이다.

좋은 시설을 갖추더라도 이를 운영하는 소프트웨어 부문이 매우 중요하다. 따라서 사업자는 원자력 시

설을 운영하는 과정에 있어서 품질 보증 계획을 승인받아 이행할 의무가 있다.

또한 기준 및 절차의 적합성과 준수 여부, 운전원에 대한 교육 · 훈련 실시 등 운영에 대한 감시 · 확인을 받아야 한다.

최근에는 인허가 이후에 수명 기간까지 일정 주기로 종합적 안전성 확인을 받아야 하는 새로운 제도 도입이 추진되고 있다.

가동 원전에 대하여 매 10년마다 안정성을 평가하는 주기적 안전성 평가 제도는 기술 발전과 운전 경험을 반영하여 보다 향상된 수준의 안전을 달성하는 데 그 취지가 있다. 금년 5월부터 고리 1호기에 시범적용하고 있으며 이에 대한 법제화가 아울러 추진되고 있다.

아울러 원자력 시설의 사고 · 고장 정보를 체계적으로 수집 · 분석하여 시설의 안전성에 대한 진단이 가능하게 하고, 취약 설비를 미리 유지 · 보수함으로써 사고 예방 활동을 적극적으로 추진하고 있다.

둘째, 급속히 변화되는 환경과 여건 변화에 대비하여 원자력 안전 규제 기준과 제도를 지속적으로 개선 · 보완시켜 나가고 있다.

최근 NGO의 역할이 증대되고 삶의 질 향상에 대한 요구가 증대됨에 따라 과학적이고 합리적인 규제 기준 확립이 절실한 실정이다.

다욱이 전력 산업 구조 개편 등에 따라 원전 건설은 경제성과 안전성을 동시에 향상시켜야 하는 과제를 안고 있다. 따라서 원자력 시설의 증가에 따른 총체적 위험도가 증가하지 않도록 선진화된 규제 기법을 도입 · 운영하고 있다.

예로써 중대 사고에 대한 결정론적 분석 방법과 확률론적 평가 방법의 병행을 위한 기준 정립, 위험도에 근거한 규제 제도 등을 적용하고 있으며, 차세대 원전 설계 · 건설, 원전 수명 연장 및 폐로 대책 등 미래의 규제 수요에도 대비해 나가고 있다.

셋째, 비상시를 대비한 국가 방사능 방재 체제를 구축하고 환경 방사선을 감시하는 기능을 강화하는 것이다.

일본의 JCO 사고 이후 국내 방재 체제 강화의 필요성이 요청되어 정부 내에 비상 조직을 보강하고 중앙통제상황실을 설치하는 작업을 추진하고 있다. 그리고 사업자는 원전 실시간 감시 체제를 구축하여 경영자가 언제나 운전 상황을 감시할 수 있도록 조치하고 있다.

또한 체르노빌 사고를 계기로 원자력 안전은 특정 지역이나 국가에 국한된 문제가 아니라 범지구적으로 대처해야 할 문제로 인식되고 있다.

이에 따라 정부는 기존의 전국 환경 방사능 감시망의 확대와 함께 주변 국가의 원자력 시설에서의 방사능 누출 등 사고 발생 가능성에 대비한 국제적 환경 방사능 감시 및 방사능 방재 협력 체제를 구축하고 있다.

정부는 현재 일본과 추진중인 방사능 감시 기술 협력 사업을 바탕으로 중국 · 대만 · 러시아 등 동북아 국가간 환경 방사능 감시를 위한 공동 협력 체제를 마련할 예정이며, 정기적으로 실시하고 있는 국제 기구, 원전 공급국, 인접국과의 비상통신 훈련과 국내 원자력발전소에서 실시하는 각종 방재 훈련을 보다 내실화하고 있다.

넷째, 원자력 안전 정보를 신속 · 정확하게 공개하여 국민의 이해를 제고하고 정부의 정책 결정 과정에 일반 국민이 참여할 수 있는 장치를 마련하는 것이다.

정책 입안시 각계 각층의 의견 수렴과 참여 기회를 확대하기 위하여 관련 자료와 정보를 적극 공개하고 있는데, 정부의 인허가 심사와 검사 결과, 그리고 사업자의 운영 정보 등 안전성 관련 자료를 포함하고 있다.

이와는 별도로 원자력 시설 견학, 각종 홍보 책자 배포 등의 대국민 홍보 활동과 함께 원자력 시설 주변의 환경 영향 평가 및 환경 방사능 감시 활동 등에 대한 지역 주민 참여, 공청회 등을 통하여 원자력 안전 규제에 대한 일반 국민들의 참여를 확대해 나가고 있다.

다섯째, 안전 규제의 국제화와 국제적 핵투명성 확보를 위한 노력을 강화하는 것이다.

원자력 안전은 원자력을 이용 · 개발하는 모든 사람들의 안전에 대한 인식과 형태에 크게 좌우되므로, 정부는 원자력 종사자의 안전 의식과 책임 의식의 제고를 위한 안전 문화 운동을 전개하고 있다.

정부는 원자력 안전 규제와 관련된 국제 환경 변화에 적극적으로 대처하기 위하여 「원자력안전협약」, 「방사성폐기물관리의 안전 및 사용후 핵연료 관리의 안전에 관한 공동협약」의 구체적 이행 방안 수립과 함께 국제원자력기구 등의 국제적 안전 기준 권고를 검토하여 원자력 안전 규제에 적극 활용하며, 외국과의 안전 정보 교환과 국제 공동 연구 수행을 통해 원자력 안전 수준을 지속적으로 향상시키고 있다.

또한 최근의 국제 안전 조치 강화 추세를 적극 반영하여 원자력의 평화적 이용에 대한 국제적인 신뢰도와 투명성을 제고하기 위해 관련 법적 제도를 정비해 나가고 있다. 특히 국제원자력기구의 핵물질에 대한 사찰과는 별도로 국가 차원의 독자적인 계량 관리 검사를 시행함으로써 원자력의 평화적 이용 의지를 실증적으로 국제 사회에 보여주고자 노력하고 있다.

여섯째, 종사자들에게 안전 문화를 확산시켜서 안전 제일의 분위기를 조성하는 것이다.

원자력 안전은 원자력을 이용 · 개발하는 모든 사람들의 안전에 대한 인식과 형태에 크게 좌우되므로, 정부는 원자력 종사자의 안전 의식과 책임 의식의 제고를 위한 안전 문화 운동을 전개하고 있다. 항상 경계를 게을리하지 않는 업무 태도, 안전에 대하여 결코 과신하거나 자만하지 않는 모습이 무척 중요하다.

이와 관련하여 매년 9월 초에 원자력안전의 날을 정하여 안전 유공자 포상, 안전 관련 심포지엄 개최 등 원자력 안전 문화가 범국가적으로 확산되도록 노력을 경주하고 있다.

마지막으로 원자력 안전 규제 전문 기관을 적극 지원 · 육성하는 것이다.

원자력 안전성 확보를 위해서는 무엇보다도 정부와 규제 전문 기관이 충분한 기술적 능력과 인적 자원을 가지고 독립적인 규제 활동을 할 수 있어야 한다.

이와 함께 일관성 있고 논리적이며 과학적 근거와 전문적인 지식에 바탕을 두고 원자력 안전 규제가 공정하게 집행되어야 한다 따라서 규제 요원은 사업자와 국민으로부터 신뢰를 받을 수 있는 도덕성과 전문성을 갖추어야 한다.

정부는 한국원자력안전기술원이 국민의 건강과 재산 보호라는 본질적인 기능을 적절히 수행할 수 있도록 전문 기술뿐 아니라 윤리 · 도덕적 측면에서도 나무랄 데 없는 원자력 안전 규제 전문 기관으로 정착될 수 있도록 육성 · 지원할 것이다.

결 언

정부는 앞으로도 축적된 경험과 안전 기술을 바탕으로 확고한 안전 시책을 추진하여 원자력 안전성을 더욱 견고히 유지해 나갈 것이다.

무엇보다도 안전에 1차적 책임이 있는 사업자의 안전 마인드 정착과 공개 분위기 조성을 위해 노력해 나갈 것이다. 또한 정부는 안전 감시 기능 보강뿐 아니라 사고 · 고장 정보 등을 신속하고 정확하게 공개하여 일반인이나 이해 관계 당사자가 이를 인지할 수 있도록 함으로써 국민적 신뢰의 바탕 위에서 안전 규제가 정착되도록 최선의 노력을 경주해 나갈 것이다.

원자력 안전의 기술적 현안 및 대응 전략

장 순 흥
한국과학기술원 원자력공학과 교수

서 론

1985년 뢴트겐이 엑스선을 발견하면서 시작된 원자력의 역사가 역동의 한 세기를 보냈다. 현재 430여기의 원자력발전소(원전)가 전세계 전기의 약16%를 공급하고 있고, 의료 · 공업 · 농업 등에서의 방사선 이용도 괄목할만하게 증가하고 있다.

인류의 기나긴 에너지 이용 역사를 돌이켜 볼 때, 원자력 발전이 처음 도입된 지 40년 남짓한 시기에 세계 전기 생산의 16%, 1차 에너지 공급의 6%를 담당하게 된 것은 유례가 없는 일이다.

그 동안 원자력 발전은 총 9천여 노/년(Reactor-Year)의 운전 실적을 통해 기저 부하용 발전소로서의 경제성을 입증하여 왔으며, 다른 발전 수단들과 비교하여 상대적으로 안전한 운전 실적을 보여 왔다.

그러나 세계의 원자력 산업은 1950년대 최초의 원전이 운전을 시작하던 때의 기대에 비해 어려움을 겪고 있는데, 그 요인에는 여러 가지가 있지만, 신기술 및 거대 산업에 대한 거부감, 방사선에 대한 불안감, 핵무기를 연상함에 따른 두려움, 반원자력 단체들의 효과적인 반대 활동 등이 크게 작용하였으며, 여기에는 방사선 재해의 가능성으로 상징되는 원자력 안전 문제가 근본적인 원인으로 자리하고 있다.

우리 나라의 경우 1962년 연구용 원자로 가동과 함께 시작된 원자력 이용이 1978년 최초의 원전인 고리 1호기의 상업 운전 개시로 본격화되었으며, 그 동안 착실한 발전을 거듭하여 왔다.

국내에는 현재 16기의 원전이 가동중으로 전체 전력 생산의 40% 이상을 담당하고 있으며, 4기가 추가로 건설중일 뿐만 아니라, 한국표준형 원전 2기를 북한에 건설할 예정이다. 또한 방사선 및 방사성 동위원소 이용도 급속도로 증가하여, 2000년 4월 현재 전체 이용 기관의 수는 1,600여 업체에 달한다.

지금까지 국내의 원자력 산업이 비교적 순조롭게 발전해온 배경에는 확고한 안전성의 확보가 있었으며, 이는 원자력 이용이 증가할수록 더욱 절실해지는 과제이다.

원자력 시설의 안전성 문제는 원자력의 평화적 이용이 처음 모색될 때부터 중요한 과제로 인식되어, 만약에 발생할지도 모르는 방서선 재해의 가능성 및 결과를 최소화하려는 노력을 기울여 왔다.

그러나 원자력 안전 현안은 원자력 시설의 운전 경험과 안전성 연구의 결과들이 지속적으로 반영되면서 계속 변천하여 왔으며, 이는 보다 완벽하고 효과적인 방호 체계에 접근해 가는 과정이라고 볼 수 있다.

원자력 안전의 주요 기술적 현안

1.가동중 원전의 수명 및 안전 관리

세계적으로 전력 시장의 경쟁이 심화되고 원전의 신규 건설이 거의 없는 상황에서 원전을 보유하고 있

는 각국은 기존의 운전중인 발전소를 효과적으로 관리하여 최대한의 투자 이익을 창출하려 하고 있다.

반면에 원자력 안전에 대한 국민의 요구 수준은 점점 높아지고 있을 뿐만 아니라, 가동 년수가 증가함에 따라 기기 및 계통들의 노화가 나타날 수 있고, 이를 제대로 관리하지 못할 경우에는 원전의 안전성이 크게 저해될 수 있다.

따라서 원전 수명 기간 동안 충분한 안전성을 가지고 신뢰성있게 운영하기 위한 수명 관리가 매우 중요한 현안으로 대두되어 있다.

원전의 노화는 기기 및 구조물의 물리적인 노화(경년 열화)뿐만 아니라, 안전 규정 및 기준, 해석 기법 및 문서, 그리고 사용되는 기술에서도 나타날 수 있다.

가동중인 원전에 대해 설비의 노후화, 시설 변경, 운전 경험, 기술 발전 등과 같은 누적된 영향을 다루고, 원전 운전 기간 동안 고도의 안전성을 보증하기 위하여 원전의 안전성을 일정 주기로 체계적으로 재평가하기 위한 주기적 안전성 평가(PSR) 제도가 1970년대 후반부터 도입되기 시작하여 현재는 대부분의 국가에서 PSR 또는 상응하는 제도를 도입하는 등 국제 규범화되어 있다.

한편 최초의 설계 수명에 도달한 원전들의 계속 운전 허용 여부도 중요한 현안이다. 세계 최초로 상업용 원전을 가동하였고 설계 수명이 경수로보다 짧은 20~25년인 마그녹스형 기체냉각로를 운영하는 영국에서 처음 문제가 되었는데, PSR을 통해 안전성을 확인하고 연장 운전을 허용하여 일부 원전들은 최초 설계 수명의 2배에 달하는 50년 운전이 승인된 상태이다.

40년 이하의 최초 운영 허가를 발급하는 미국의 경우 초기 발전소들은 허가 기간이 만료되면 폐쇄하는 것이 일반적이었지만, 1980년대 중반 이후 수명 연장을 위한 노력을 경주하여 20년 단위의 연장 운전을 허용하는 운영 허가 갱신 규정이 제정되고, 금년 상반기에 5기의 원전에 대한 20년 연장 운영 허가가 발급되었다.

그리고 일본에서도 설계 수명 30년에 도달한 초기 원전의 연장 운전을 평가하여 안전성이 유지될 수 있음을 확인하였으며, 경제적 타당성이 있는 1기는 10년 연장 운전을 결정하였다.

원자력안전협약의 제14조에서는 원전 수명 기간 동안 운전 경험과 최신 안전 정보를 지속적으로 반영하여 포괄적이고도 체계적인 안전성 평가를 수행하도록 요구하고 있다.

그리고 IAEA와 OECD/NEA 등 국제 기구에서는 원전의 수명 관리를 위한 국제적 규범 및 표준적인 절차를 마련하기 위한 작업을 활발히 진행하고 있으며, 중요한 지침 등을 제시하고 있다.

우리 나라에서도 오랜 논란 끝에 주기적 안전성 평가 제도의 도입이 결정되어 법제화 작업을 추진중이고 고리 1호기에 대한 시범 수행에 착수하였는데, 고리 1호기를 미롯한 오래된 원전들에 대한 효과적인 수명 관리가 핵심 안전 현안으로 대두되어 있다.

2. 신규 원전의 안전성 확보

전세계적으로 신규 원전 시장이 크게 위축되어 있는 것은 사실이지만, 한국 · 일본 · 중국을 비롯한 동북아 지역에서는 신규 원전의 건설이 여전히 활발하다.

또한 가동중인 원전들의 예상되는 수명 만료, 지구 온난화 문제의 대두, 원자력의 안전성 및 경제성 향상 가능성 등을 고려할 때 10여년 후에는 신규 원전 시장이 세계적으로 다시 활성화될 것으로 예상되고 있다.

따라서 현재까지 개발된 최신 설계의 원자력발전소들을 점진적으로 개선하면서 건설하는 한편으로 선진국을 중심으로 원자력이 다시 활성화될 때에 대비한 신형 원자로 개발도 추진되고 있다.

우리 나라의 경우 그 동안의 기술 자립 노력의 결실인 한국 표준형 원전(KSNP)을 건설하는 한편으로, 2010년경 최초 호기 가동을 목표로

한 차세대 원자로(KNGR)를 개발하고 있다.

신규 운전의 경우 점점 경쟁적인 발전 시장에 대응하기 위해 경제성을 향상시켜야 할 뿐만 아니라, 점점 높아져가는 안전 요구 수준을 충족시킬 수 있어야 한다.

이를 위해 설계를 단순화하고 자연적인 작동 원리를 이용하는 피동 안전 설비의 도입이 확대되고 있으며, 운전 편의 증진 및 신뢰도 향상을 위해 디지털 시스템이 대폭적으로 활용되고 있다.

과거에 사용되지 않은 새로운 설계 개념 또는 설비들의 도입을 위해서는 안전성 측면의 검증이 필요하며, 설계자 및 규제자 차원에서 각각 이에 효과적으로 대응하는 것이 필요하다.

한편 발전소 설계 및 운전에 있어서 중대 사고를 본격적으로 고려하는 것이 최근의 경향이다. 전세계적으로 중대 사고와 관련된 여러 가지 현안들을 해결하기 위한 연구들이 규제 기관 주도로 이루어지고 있고, 그 결과에 따라 규제 지침들이 마련되고 있다.

이미 건설되어 운전되고 있는 발전소들의 경우, 중대 사고 대응 능력을 설비 개선을 통해 추구하는 것은 한계가 있기 때문에 대부분 사고 관리 차원에서 접근하고 있지만, 신규 원전에 대해서는 중대 사고 예방 및 완화를 위한 설비들이 설계 단계에서 반영되어야 한다.

3. 방사선 방호 및 방사성 폐기물 안전 관리

국제방사선방호위원회(ICRP)에서 1990년 권고한 ICRP 60을 국내에 무리없이 적용하는 것이 우선 시급한 과제이다. 국내에서는 기술 수준 및 사업 여건 등을 감안하여 점진적인 적용을 추진하고 있는데, 전면 적용 시점인 2003년까지 산업체에서 체계적으로 대응할 수 있도록 유도해야 하며, 방사선 방호의 기본 개념인 ALARA(합리적으로 달성 가능한 한 낮게) 개념이 전력 산업체 및 방사선 이용 업체에 확고하게 자리잡는 것이 필요하다.

지난해 일본 도카이무라 핵연료 공장에서 발생한 핵임계 사고에서도 드러났듯이, 원자력 시설에 대해서는 효과적인 방사선 비상 대책 및 위기 관리 체계가 확보되어야 한다.

16기의 대형 원전이 가동중이고 4기가 건설중이며, 방사선 및 방사성 동위원소 이용 기관의 수가 1,600여개에 달하는 우리 나라의 경우 이의 중요성은 더 말할 나위가 없을 것이다.

운전중인 원전의 수와 가동 년수가 점차적으로 늘어남에 따라 방사성 폐기물 및 후행 핵연료 주기의 안전성 확보가 핵심적인 현안으로 등장하고 있다.

외국의 경우 중·저준위 폐기물은 이미 잘 확립된 기술에 의해 처분장이 안전하게 운영되고 있어서 중요 현안이 아니며, 다만 고준위 폐기물 및 사용후 핵연료의 처분 기술은 괄목할만한 기술적 성취에도 불구하고 국민들의 신뢰를 받는 데 어려움을 겪고 있다.

그러나 국내에서는 중·저준위 방사성 폐기물 및 사용후 핵연료의 안전 관리가 핵심적인 현안으로 등장하여 있다. 방사성 폐기물의 발전소 내 저장 용량은 포화 상태에 다가가고 있는데 반해, 수 차례의 시도에도 불구하고 종합 관리 시설의 부지를 구하지 못하고 있기 때문이다.

따라서 현재 공모 방식으로 진행되고 있는 방사성 폐기물 관리 시설 부지 확보 사업이 성공적으로 진행되고 안전하게 추진될 수 있도록 각별한 노력이 기울여져야 한다.

그리고 수명이 완료되는 원전의 안전 관리 및 해체 문제가 중요해짐에 따라 효과적인 기술의 개발 및 규제 대응이 시급해지고 있다.

원전 운영자는 사전에 해체 전략 및 방법과 폐기물 처분 방법에 대해 규제 기관의 승인을 받아야 하는데, 선진국 규제 기관들은 이에 대비한 기준 및 기술 개발을 서두르고 있다.

4. 인간 실수의 최소화

인적 인자는 가동중 원전의 안전성 확보와 신규 원전의 안전성 증진

에 공통적으로 적용되는 중요한 현안이다. 원자력 시설에서 발생하는 크고 작은 사고나 사건들은 관련된 인간의 실수로부터 비롯되는 경우가 많기 때문이다.

우수한 인력을 확보하여 그 기술적인 능력을 지속적으로 개발시키는 것은 무엇보다도 중요하며, 교육훈련의 내실화와 근무 환경의 개선이 필수적이다. 또한 원전 운전원들의 운전 및 사고 대응 능력 향상을 위한 주제어실 설계 개선, 운전원 지원 시스템 도입, 절차서 개선, 정보 교류의 내실화도 매우 중요한 과제로 등장하였다.

그리고 방사선 및 방사성 동위원소 이용 기관의 수가 빠르게 증가하고 있는데, 이들 기관에서는 안전관리 체계가 대규모 원자력 시설에 비해 상대적으로 미흡하고 사소한 인적 실수가 작업자의 직접적인 인명 피해로 이어질 수도 있어서 관심의 대상이 되고 있다.

국내 대응 전략

1. 가동중 원전의 체계적 안전 관리

우리 나라는 신규 원전과 비교할 때 가동중 원전에 대한 안전 규제가 상대적으로 미흡한 측면이 있었으나, 최근 가동중 원전 수명 및 안전관리를 위한 핵심적인 수단으로서 주기적 안전성 평가(PSR) 제도의 도입이 확정되고, 고리 1호기에 대한 시범 적용에 이미 착수하였다.

PSR은 원전의 설계 수명과 관계없이 원전의 운전을 개시한 후부터 일정 주기로 일정 범위의 종합적이고 체계적인 안전성 재평가를 수행하는 것을 의미한다.

이 제도는 이미 국제 규범화되어 있어서 국내 도입을 미룰 타당성이 없었으며, 가동중 원전의 안전성을 효과적으로 확인하고 향상시킬뿐만 아니라 원전 운전 수명 문제를 합리적으로 해결하는 데에도 기여할 수 있는 것이다.

PSR의 수행 방법과 범위는 주로 IAEA 안전지침 50-SG-012를 기본으로 하여 결정되었는데, 고리 1호기에 대해 시범 적용하고 그 경험을 바탕으로 보다 구체적인 지침을 확정한 후 다른 발전소들에 대해 확대 적용하는 것이 바람직하며, 최소한의 법적 요건 마련은 빠를수록 좋을 것이다.

가동중 원전의 안전 관리를 위해서는 PSR 도입과 병행하여 규제요건 소급 적용(Backfitting)의 활성화가 필요하다.

지금까지도 사안에 따라 소급 적용이 적용되어 오기는 했지만, 운전경험 · 신기술 개발 및 규제 요건 변경 등에 따라 가동중 원전에 대한 안전 현안이 제기될 경우 이를 적기에 반영하기 위해서는 현행 법적 요건의 보완 등을 통해 관련 기준이 보다 명확해져야 한다.

합리적인 소급 적용 요건은 PSR 결과에 대한 규제 결정을 내리는 데도 크게 기여할 것이다. 여기에는 유지 보수를 위해 필요한 기술들이 뒷받침되어야 함은 물론이다.

2. 효율적인 차세대 원자로 개발 및 안전 규제

우리 나라에서는 2010년 상업운전을 목표로 하여 차세대 원자로가 개발되고 있으므로, 제도적 · 기술적 측면에서 이에 효과적으로 대응해야 할 필요성은 말할 나위가 없다.

제도적인 측면에서는 미국과 같은 설계 인증 및 통합 인허가 제도의 도입이 시급하다. 국가적인 사업으로 차세대 원자로 개발이 이루어지고 있고, 그와 병행하여 안전 요건 및 지침 개발 연구가 한국원자력안전기술원에 의해 활발하게 수행되어 왔지만, 아직까지도 규제 기관에서 표준안전성분석보고서를 효과적으로 심사할 수 있는 법적 체계가 갖추어지지 않았다.

또한 차세대 원자로 표준 설계에 대해 설계 인증을 발급하기 위해 필요한 안전성 심사의 범위 및 깊이에 대해서도 공감대가 제대로 형성되어 있지 않다. 그러나 차세대 원자로가 국내 원자력 산업에서 차지하는 비중을 고려할 때, 설계 인증을 위한 법적 체계의 구축과 안전 심사 방법에 대한 공감대 형성이 최단 기

일 내에 이루어져야 할 것이다.

기술적인 측면에서는 새로운 설계 개념에 대한 검증 방법론이 가장 중요한 현안이다. 차세대 원자로에는 비상 노심 냉각 계통에서 원자로 용기 직접 주입 방법을 이용하고 개량형 축압기를 도입하여, 디지털 계측 제어 계통의 활용도 크게 증대되는 등 다양한 설계 개선 사항들이 반영되고 있다.

안전에 중요한 설계 개념이나 설비들은 과거의 경험이나 실험 또는 해석에 의해 충분히 검증되어야 하는데, 합리적인 절차 및 방법론의 적용이 매우 중요하다.

검증 절차를 소홀히 하여 안전성을 저해해서도 안되지만 불필요하게 과도한 검증을 요구하여 안전성에 대한 기여는 없이 경제성만 악화시킬 가능성도 최소화해야 하기 때문이다.

이를 위해서는 개발자와 규제 기관간의 진지한 토의 및 합리적인 방법론 도출이 필수적이며, 국내의 기술력을 효율적으로 활용하기 위한 산·학·연 협력이 더욱 강화되어야 할 것이다.

한편 국내에서는 해수 담수화 등을 목적으로 하는 중·소형 일체형 원자로, 미래를 대비한 액체금속로, 실험용 핵융합 장치 등도 개발되고 있다. 따라서 이러한 미래형 원자로 개념들이 안전 기준을 충족시키면서 개발될 수 있도록 국내 관련 기관들간의 긴말한 협조가 필요하며 효과적인 규제 제도를 마련하는 것도 중요한 과제이다.

원자력 안전은 관련된 모든 단계에 있어서의 종사자들의 직무 수행 능력에 크게 의존하므로, 우수한 인력의 유입 및 지속적인 능력 개발, 절차서 및 운전 설비의 개선 등이 지속적으로 이루어져야 한다.

3. 방사선 방호 및 방사성 폐기물 안전 관리 체계

성공적인 방사선 방호를 위해서는 기술적 측면과 시스템적 측면에서 방사선 피폭 절감 및 비상 대책 능력이 증진되어야 한다.

우선 ICRP-60을 국내에 적용하기 위한 피폭 절감 기술을 확보하고 소규모 방사성 동위원소 이용 기관을 비롯한 전산업체에 효과적으로 전달되어야 하며, 효율적인 안전 규제가 이루어져야 한다.

그리고 원전 사고에 대비한 방재 대책으로서 관계 기관간의 협조 체계를 보다 유기적으로 강화함과 동시에 현재 구축된 방사능 방재 기술 지원 전산 체제(CARE)를 지속적으로 개선해야 할 것이다.

중·저준위 방사성 폐기물 및 사용후 핵연료의 안전 관리를 위해서는 종합 관리 시설의 부지가 예정대로 확보되어야 한다.

앞에서도 설명한 바와 같이 중·저준위 방사성 폐기물 처분 및 사용후 핵연료 중간 저장 기술은 아주 잘 확립되어 대부분의 선진국들에서는 처분장을 수십년 이상 안전하게 운영해오고 있으므로 처분장 확보의 관건은 기술적인 안전성 자체가 아니라 이를 국민들에게 어떻게 이해시키느냐의 문제이다.

방사성 폐기물 관리의 안전성 관

련 정보를 일반 국민 및 여론 주도층에게 체계적으로 전달할 수 있는 방법이 마련되어야 하며, 정부에서는 방사성 폐기물 관리 시설의 효율적인 안전 규제를 위한 법적 체계 및 규제 지침들을 완비해야 할 것이다.

이와 함께 방사성 폐기물의 양을 줄이고, 보관 · 운반 및 처분과 관련한 안전성을 더욱 향상시키는 노력을 경주해야 함은 물론이다.

현재 국내에서는 연구용 원자로의 폐로 사업이 추진되고 있으며, 향후에는 원전의 해체 문제도 중요한 현안으로 등장할 것이다.

이를 위해서는 관련 기술의 개발과 함께 안전 규제 지침 등이 개발되어야 한다. 특히 원자력발전소의 해체에 따른 합리적인 기준이 마련되어야 할 것이다. 그리고 고연소도 핵연료의 개발 등 방사성 폐기물 발생량을 줄이기 위한 노력도 기울여져야 한다.

4. 인적 인자

가동중 원전의 안전성 확보와 신규 원전의 안전성 증진을 위해서는 인적 인자를 개선하여 인간의 실수를 최소화하고, 뜻하지 않은 사건이나 사고가 발생하더라도 이에 효과적으로 대처할 수 있어야 한다.

인적 인자의 개선을 위해 가장 중요한 것은 원자력 시설의 설계 · 건설 · 운전 및 유지 보수 등 모든 단계에 참여하는 종사자들의 기술적 능력을 향상시키는 것이다.

이를 위해서는 대학에서의 원자력 관련 분야 인력 양성 기능이 보다 강화되어야 하며, 신입 직원에 대한 직무 교육과 경력자들에 대한 계속적인 교육이 효과적 · 체계적으로 이루어져야 하는데, 시뮬레이터의 적극적 활용 등 교육 방법이 지속적으로 개선되어야 한다.

또한 우수한 인력이 원자력 분야에 유입되고 전문가로서 자부심을 가지며 계속 종사할 수 있는 제반 환경의 조성이 필요하며, 특히 원전 운영 요원 및 보수 요원들에 대한 특별한 배려가 필요한 것으로 생각된다.

우수한 인력의 확보과 함께 이들이 직무를 효과적으로 수행하기 위한 체계가 구비되어야 하는데, 이는 특히 가동중 원전의 안전성 확보 측면에서 매우 중요하다.

중요한 사항들을 예로 들면, 절차서의 개선 및 보완, 인지 공학을 고려한 제어실 설계 등 기계-인간 연계 시스템의 개선, 운전원 지원 시스템의 도입 등이다.

이와 아울러 방사선 및 방사성 동위원소 이용 기관의 종사자들에게서 흔히 나타날 수 있는 인적 실수를 극소화하는 것이 중요하다.

이를 위해서는 방사선 안전 및 사용 기기에 대한 종사자들의 기술적 능력을 향상시키기 위한 교육이 강화되어야 하며, 방사선 안전 관리 체계가 소규모 기관 또는 기업의 특성을 반영하여 지속적으로 개선되어야 할 것이다.

5. 안전 규제 효용성 증진

한편 발전 사업의 경쟁 체제가 강화되고 규제 대상이 되는 원자력 시설의 수가 증가함에 따라 규제의 효용성(Regulatory Effectiveness) 증진이 국내외적으로 중요한 과제로 등장하고 있다.

규제의 효용성 증진을 위해서는 원자력 안전에 대한 확고한 지식을 바탕으로(지식 기반 규제); 안전성 측면의 중요도에 따라 규제 노력을 합리적으로 배분함으로써, 불필요한 부담은 최소화 하면서도 안전성을 증진시키고 공공의 신뢰를 증진시킬 수 있어야 한다.

규제의 효용성 증진을 위한 구체적인 전략으로는 위험도 정보를 고려한 규제(Risk-Informed Regulation; RIR)를 위한 기술 개발 및 체계 · 제도 개선을 통해 이를 점진적 확대 적용하는 것이 필요하며, 이와 더불어 사고 완화(Mitigation)보다는 예방(Prevention)의 강조, 규제 요원 자질의 강화, 관리 및 유지 보수의 중요성 강조, 지식 생산을 위한 안전 연구의 효율화, 공공 및 언론에 대한 효과적인 정보 전달 등이 이루어져야 한다.

6. 원자력 안전 연구의 효율적 추진

가동중 원전의 안전 관리, 신규 원전의 안전성 향상, 방사선 방호 및 방사성 폐기물의 안전 관리 등을 위해 반드시 필요한 작업 중의 하나가 효율적인 원자력 안전 연구의 추진이며, 안전 연구가 뒷받침되어야만 설계 단순화, 수명 연장, 성능 향상 등을 통한 경제성 향상도 추구할 수 있다.

지금까지 수행되어온 원자력 중장기 연구 개발 사업은 원자력 안전 기술의 기반을 구축하였고, 중요한 안전 현안들에 대한 본격적인 연구를 수행할 수 있는 토대를 마련하였다.

이러한 과정에서 여러 가지의 시련과 문제점이 있었지만 가장 큰 결실은 국내에서도 원자력 발전의 안전에 관련된 전문가 집단이 비교적 성공적으로 양성되고 있다는 점으로 평가된다.

그리고 한국원자력안전기술원에서는 선진 안전 규제 기술을 도입하여 국내에 적용할 수 있는 능력이 상당히 축적되고 활용되는 것으로 평가된다.

그러나 안전 연구에 대한 대상 발전소 및 결과를 활용할 주체(설계 · 운전 · 규제)와의 사전 논의가 충분치 못하여 아직 그 활용도가 높지 않은 것이 큰 단점으로 지적되고 있다.

따라서 향후 안전 기술 연구는 더욱 효과적으로 추진하여야 하며, 앞에서 제시된 현안 문제들을 해결하기 위한 연구가 더욱 강화되는 것이 바람직하다.

결론 및 제언

지금까지 원자력 안전의 주요 기술적 현안을 살펴보고 대응 전략을 논의하였다.

원전 수명 및 안전 관리는 신규 원전 건설이 어려워지고 원전 가동 년수가 증가하고 있는 현재의 사회적 여건을 고려할 때 사업자와 규제자에게 모두 매우 중요하다.

이는 주기적 안전성 평가를 내실있게 수행하면서 필요한 기술을 확보하고 실제로 적용하는 것이 필요하다.

차세대 원자로는 원전의 안전성과 경제성을 더욱 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 국내 원자력 산업계가 선진국 수준으로 진입하는 통로 역할을 해 줄 것으로 기대되므로 반드시 성공시켜야 하며, 표준 발전소 설계에 대한 설계 인증 및 통합 운영 허가 제도의 도입과 인허가 심사에 필요한 검증 기술 및 절차의 구축이 시급하다.

방사선 방호 측면에서는 ICRP-60 권고의 무리없는 도입을 통한 방사선 피폭의 저감과 효율적 안전 규제, 비상 대책의 지속적 개선 등이 요구된다.

방사성 폐기물 및 사용후 핵연료 관리 시설은 기술적인 측면보다는 정치 · 사회적인 이유로 부지 확보에 어려움을 겪고 있는데, 효과적인 홍보 전략과 함께 관리 시설 부지 확보를 공개적이고 민주적인 방법으로 추진되어야 할 것이다.

그리고 원자력 안전은 관련된 모든 단계에 있어서의 종사자들의 직무 수행 능력에 크게 의존하므로, 우수한 인력의 유입 및 지속적인 능력 개발, 절차서 및 운전 설비의 개선 등이 지속적으로 이루어져야 한다.

또한 위험도 기반 규제 등 규제의 효용성 강화 노력이 강화되어야 하며, 다양한 현안들에 대한 효과적인 대응을 위해서는 안전 연구를 더욱 내실화할 필요가 있다.

마지막으로 강조하고 싶은 것은 안전성과 경제성이 대립적인 개념은 아니라는 점이다. 원전의 경제성 향상은 확고한 안전성이 보장되는 한도 내에서만 추구되어야 하며, 경우에 따라서는 원자력 시설의 안전성 향상이 경제성 향상으로 이어질 수도 있다.

안전성 향상은 원자력에 대한 국민 인식의 개선을 통해 사업 추진과 관련된 낭비적 요소를 줄이는 데도 기여하는데, 이를 위해서는 원자력 시설의 안전성을 향상시키려는 노력 못지 않게 국민들에게 제대로 이해시키도록 노력해야 함은 물론이다.