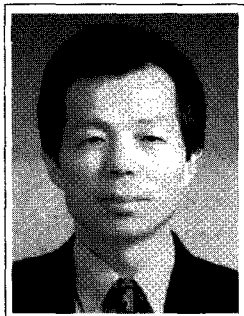


원자력 안전 규제에 대한 회고와 전망

이 현 규

과학기술부 원자력국장



오 해로 원자력법이 공포 (1958)된 지 41년째, 연구용 원자로가 가동된 지 37년째, 그리고 상업용 원전의 가동 개시 21년째가 된다.

그동안 일천한 국내 원자력 역사에도 불구하고 원자력 산업이 질적·양적 성장을 거듭해온 데는 원자력이 안전하게 이용될 수 있다는 인식이 밑거름이 되었다고 생각된다.

60년대까지만 해도 국내 원자력 안전 규제는 이용 개발에 수반되는

종사자의 방사선 장해 방지 노력에 국한되어 있었다.

그러나 국내 부존 자원의 제약속에서 경제 개발에 필요한 에너지원 확보를 위해 원전이 도입되고 70년대의 에너지 위기로 건설이 본격화됨에 따라 안전 규제 조직과 제도가 점차 골격을 갖추기 시작하였다.

그렇지만 국내 원자력 산업 기반이 취약하고 업계나 전문가의 역할이 제한적이었으므로 자연스럽게 기술 자립과 국산화 문제가 최우선 과제였고, 안전 규제 기준은 원전 도입국의 기준을 그대로 준용할 수밖에 없었다.

80년대 이후에는 원전 건설 및 운영 경험이 축적됨에 따라 체계적인 안전 규제 기술 지원을 위해 전담 기관(90년 한국원자력안전기술원으로 독립)이 설립되었으며, 원전 부지에는 주재관이 상주하게 되었다.

90년대 이후 정부는 안전 심사 및 검사 능력 제고를 위한 독자적인 기술 기준 확립, 안전성 연구의 강화 등

안전 규제의 선진화를 지속적으로 추진한 결과, 이제는 한국 표준형 원전의 설계·운영 경험을 바탕으로 대북 경수로 지원 사업을 주도적으로 수행하는 단계까지 왔다.

또한 방사성 동위원소의 이용 분야도 핵의학, 비파괴 검사, 측정, 생태계 연구 등 점차 다양해지고 있으며, 99년 6월 현재 그 이용 기관의 수도 1,400여 개에 이르고 있다.

국내 여건상 앞으로도 상당 기간 동안 원전 건설 운영의 확대가 불가피하고 이에 대체할 청정 에너지원 확보가 현실적으로 어려운 상황이기 때문에 안전 규제 업무의 질적 향상에 대한 요구는 더욱 증가할 것으로 전망된다.

이에 반해 삶의 질과 환경 보전에 관한 국민의 기대는 커지고 있고, 민주화·지방화의 진전에 따라 사회 집단의 요구는 더욱 다양화·체계화되고 있으며, 시장 자유화와 전력 산업의 구조 개편 움직임 등 미래의 정책

환경이 결코 순탄한 것이 아니다.

그러므로 21세기를 내다보는 현시점에서 우리 나라의 안전 규제가 어디까지 와 있으며, 앞으로 어떻게 나아가야 하는지를 살펴보고자 한다.

안전 규제 조직 및 제도의 변천

1. 안전 규제 조직

58년 원자력법이 공포될 당시만 해도 연구 시설 건설 사업이 곧 국가 원자력 정책 목표이자 연구 개발 내용이었기 때문에 이용 개발과 안전 규제 시책의 구분이 사실상 불가능하였다.

외국의 기술 지원 아래 국내 전문가를 총동원하여 사업을 수행하는 여건에서는 당해 시설의 안전 문제도 당연히 사업 추진팀의 과제가 되었다.

연구 내용도 방사성 동위원소의 이용 연구, 연구용 원자로를 활용한 핵물리학 등 기초 연구가 주종을 이루는 단계였다.

따라서 원자력 안전은 연구 과정에서 연구원들이 받을 수 있는 방사선 피폭이 최대의 관심사가 되었다. 연구원들은 모두 공무원 신분인 당시로서는 별도의 기관이나 전문가들이 전무하였다.

다만 의료 기관을 중심으로 활용되기 시작한 방사성 동위원소 이용에 대한 안전 관리 문제가 대두되었으나 방사선 피폭에 따른 장애 방지라는 측면에서는 연구 기관과 별반 차이가

없었다.

따라서 우리나라에서의 원자력 안전 규제의 개념이 태동된 것은 60년대 말 원자력발전소의 도입을 추진하면서부터라고 보아야 할 것이다.

68년 2월 원자력청에 원자력발전과를 설치하고 원자로형에 대한 장·단점 등 기술 검토에 착수하는 한편 원자력발전소 부지 선정을 위한 조사 사업도 병행 추진되었다.

이 시기를 전후하여 외국의 원자력 법령 등 안전 규제 제도에 대한 심도 있는 검토와 함께 국내 원자력 법령 체제도 구체적인 골격을 갖추어 가게 되었다.

71년 8월에는 원자력 시설의 인허가에 대한 기술 사항을 심도 있게 검토하기 위한 자문 기관으로 원자로시설 안전심사위원회가 설치 운영되었다.

73년 원자력청이 폐지되고 원자력 행정 기능이 과학기술처 원자력국으로 이관되면서 원자로시설 안전심사 위원회도 그대로 승계되어 위원장에는 과학기술처 장관, 부위원장에는 한국원자력연구소장을 당연직으로 하는 자문 기관으로 이어지게 되었다.

원자로시설 안전심사위원회는 산하에 4개 전문 분과 위원회를 두고 제1분과는 품질 보증, 기술 기준 및 일반 관리, 제2분과는 부지 환경 및 토목 구조, 제3분과는 원자로 시설의 설비, 구조 및 계측 제어, 제4분과는 방사선 관리에 대한 기술 검토 및 안

전 관련 주요 사항을 심의하였다.

70년대에 들어 세계 경제를 위축시킨 두 번의 석유 파동은 원자력 발전 사업을 촉진하는 계기가 되었고 이에 따라 원자력 안전의 중요성도 강조되었으며 안전 규제 조직도 세분화, 확대되었다.

79년 3월에는 이용 개발과 안전 규제 기능을 분리하여 원자력안전국이 신설되었다가 81년 11월에 다시 원자력국으로 통합되었다.

다만 핵물질의 안전 보장 조치 업무를 전담하기 위하여 76년에 신설된 안전심사관이 운전중인 원자력 시설에 대한 검사 업무를 주관함으로써 업무의 객관성과 공정성을 도모하고자 노력하였다.

한편 원자력발전소의 본격적인 건설·운영과 함께 현장 안전 관리의 중요성이 부각되면서 현장 주재관이 각 원전 현장에 상주하게 되었고, 우리나라의 공무원 선별 및 임용 체계 하에 관련 전문가를 공무원으로 채용하는 데 한계가 있기 때문에 안전 규제 정책의 입안과 집행은 정부가 직접 관장하되 안전성 심사와 검사 등의 전문 기술적인 사항은 외부 전문가의 도움을 받을 수밖에 없었다.

고리(80년)·월성(81년)·영광(83년)·울진(85년) 등에 파견된 주재관은 82년부터 한국원자력안전기술원의 전문가들과 합류함으로써 실질적인 현장 검사 조직으로 성장하였으며, 96년부터는 고리와 영광의 핵

임자를 서기관으로 격상하는 등 주재 관실의 위상과 기능이 강화되었다.

다만 초기에는 사안별로 사계의 전문가들로부터 기술 지원과 자문을 받았으나 80년대에 들어 국가 원자력 산업의 규모가 확대되면서 체계적이고 안정적인 기술 지원의 필요성이 제기되었다.

이러한 여건 변화에 따라 81년 12월 원자력안전센터가 한국원자력연구소 내에 설치되었고 87년 6월 부설 기관으로 위상이 강화되었다.

그러나 당시 원자력연구소가 발전용 핵연료의 양산 공급, 원자력발전소 설계 업무 수행 등 원자력 사업의 중추적 역할을 담당하게 되면서 공정성과 객관성에 대한 우려가 제기됨에 따라 90년 2월에는 한국원자력안전기술원법을 제정, 완전히 독립 기관으로 발족하게 되었다.

정부에 대한 안전 규제 업무 지원 형태도 종전의 행정 요청에 따라 지원에서 원자력법에 업무의 위임 위탁에 관한 근거 규정을 마련하여 법적 지원 체계로 전환되었다.

91년 4월에는 원자력국 체제를 원자력실 체제로 격상하고 이용 개발 부서를 관장하는 원자력정책관과 안전 규제 업무를 총괄하는 안전심사관을 원자력실에 별도로 둬으로써 원자력 안전 규제 업무에 대한 공정성·객관성·신뢰성을 크게 향상시켰다.

이러한 안전 규제 기능의 강화와 조직 체계의 독립은 79년의 미국

TMI 사고와 86년에 발생한 옛 소련의 체르노빌 원전 사고로 야기된 국내외의 원자력 안전에 대한 관심 등이 크게 영향을 미친 결과였다.

특히 동서 냉전 체제의 붕괴와 더불어 핵무기 확산에 대한 국제적인 통제 체계의 강화 움직임과 우리나라 원자력 사업의 투명성 제고를 위해 원자력통제과를 신설한 것도 같은 맥락에서 이루어졌다.

그러나 97년 말에 불어닥친 우리나라의 경제 위기로 모든 부분에서 조직 축소 등 구조 조정이 단행되었고, 원자력 안전 분야도 예외가 아니어서 인원과 조직 모두가 축소되고 원자력국 체제에서 안전 규제 업무를 담당하고 있다.

2. 안전 규제 법령 및 기준

58년에 제정된 원자력법은 그동안 13차례나 개정·보완되었다. 제정 당시에는 국내에 원전이 없었기 때문에 원자력의 평화적 이용 개발을 위한 기본 골격의 구상에 지나지 않아 원자력 안전 규제에 관한 절차 규정이 명문화되어 있지 않았으며, 60년대 말 고리 1호기의 도입이 구체화되면서 인허가 절차에 관한 요건이 원자력법령으로 보완되었다.

69년 1월 공포된 개정 원자력법에서 처음으로 원자력 시설의 인허가 관련 조항이 신설되었고, 이에 따라 대통령령으로 원자로 건설 및 운영 관리 및 그에 대한 방사선 장애 방어

령, 방사성 동위원소 취급자 및 방사선 취급 감독자 면허령, 원자로 조종사 및 조종 감독자 면허령, 원자로 시설의 기술 기준 및 보안 조치 등에 관한 규정, 핵분열 물질 및 핵분열 연료 물질의 취급과 그 관계 시설에 관한 규정, 원자로 시설 주위 제한 구역 설정 등에 관한 규정 등이 제정되었으며, 세부 시행규칙이 총리령과 과기처장관 고시로 제정, 시행되었다.

원자로 건설 및 운영 관리 등에 관한 규정에서 원자로의 건설 허가와 운영 허가를 발급하는 대신 사업자는 시설의 설치 공사에 착수하기 전에 설계 및 공사 방법에 대하여 과학기술처 장관의 승인을 받도록 되어 있었다.

대통령령은 78년에 개정되면서 인허가 절차를 원자로 건설 허가과 운영 허가의 2단계로 분리하였고, 설계 및 공사 방법의 승인 제도는 신고 제도로 변경되었다.

변경된 법령에는 건설 허가 및 운영 허가 신청시, 그리고 설계 및 공사 방법의 신고시 전문 기관의 기술 검토 보고서를 첨부토록 요구하고 있다.

이에 따라 과거치는 전문 기관으로서 한국원자력연구소를 지정하여 원전의 안전 규제와 관련한 안전심사 업무를 수행하였다.

그런데 81년부터 대폭적인 원자력법 개정 작업이 추진되었으며 82년 4월 개정 원자력법이 공포되었다.

법령의 체계는 기존 대통령령과 총

리령을 하나로 묶어 각각 단일 법령으로 통합되면서 원자력법에는 필요한 규제근거를 마련하는 내용으로 대폭 수정되었다.

82년 개정 원자력법에는 원전의 건설·운영 등 새로운 여건 변화에 따라 그 내용이 보완되었고, 원자로 및 관계 시설의 건설 허가 요건과 기술 기준, 운영 허가 요건 및 기술 기준, 생산업의 허가 기준 등 주요 사업들의 허가 요인들이 규정되었다. 특히 원자력 안전 규제 업무에 대한 권한 위탁의 근거 규정 등이 신설되었다.

원자력법은 86년 5월에 재개정되었는데 원자력 안전 규제 관련 규정의 기본 골격은 82년 원자력법 체계를 그대로 유지하고 있으나 설계 및 공사 방법의 신고 제도가 자료 제출로 변경되었다.

특히 방사성폐기물관리기금의 유출과 관리 주체에 대한 과학기술처와 동력자원부간의 합의가 이루어지지 않아 개정 원자력법 시행령의 공포가 3년이나 지연되어 안전 규제의 세부 사항을 집행하는 데 어려움을 겪었다.

86년 5월 개정 공포된 원자력법의 안전 규제 절차는 부지 사전 승인 및 제한 공사 승인, 건설 허가, 운영 허가, 설계 및 공사 방법 자료 제출 등으로 구성되어 있었다.

부지 사전 승인을 위해서는 부지조사보고서를, 제한 공사 승인을 위해서는 정밀지질조사보고서를 각각 제출하여 기술 평가에 의한 심사를 받

아야 하고, 건설 허가에 있어서는 안전성 평가의 기본적인 서류로서 환경영향평가서, 예비안전성분석보고서 및 품질보증계획서를 제출하도록 규정하였다.

또한 운영 허가를 위해서는 최종안전성분석보고서와 운영기술지침서 및 품질보증계획서를 안전성 평가 기초 자료로 제출토록 하였다.

건설 허가 후 운영 허가 신청 전까지 건설이 진행되는 동안에는 대통령이 정하는 주요 시설의 건설 공사가 착수되기 전에 해당 시설의 설계 및 공사 방법에 대한 기술 자료를 제출토록 하였다.

원자력법은 90년대에 들어와서도 95년, 96년, 99년 세 차례 개정되었는데 95년에는 원자력위원회 위원수의 확대, 원자력진흥종합계획 수립 시행 근거를 마련한 외에 핵물질 계량 관리 및 방호 규정의 보완을 통해 국가 원자력 물자 사찰·통제 체계를 강화하고 방사선 피폭 선량 판독업 허가 제도, 주요 부품에 대한 성능 검증업 허가 제도 및 원자력법 위반시 과징금 부과 제도를 신설하여 안전 규제 업무의 실효성을 제고하였다.

이와 동시에 방사성 폐기물 관리 사업을 한국원자력연구소에서 한국전력공사로 이관하기 위한 법규 정비 내용이 96년 정기 국회에 제출되어 통과되었다.

동 법에는 원자력 안전 규제의 독립성을 강화하기 위하여 원자력안전

위원회를 신설하는 한편, 원자력 시설 건설 허가시 제출되는 방사선환경영향평가서는 주민의 의견을 수렴하여 작성토록 제도화하였다.

또한 방사성 동위원소 등의 신고 사용자에 대하여는 방사선 안전 관리 책임자 선임 신고, 시설 검사 등의 의무를 면제하는 내용도 포함되었다.

90년대부터는 정부의 과도한 규제가 국가 경쟁력을 저해하는 요인으로 작용할 수 있다는 우려가 제기되기 시작하였다.

특히 국제통화기금 체제하의 경제위기 속에서 출범한 국민의 정부는 그 어느 때보다 강도 높은 규제 개혁을 추진해오고 있다.

과학기술부는 이러한 기본적인 제약 요건을 염두에 두는 가운데 국가 경쟁력 회복을 위한 정부 규제 개혁의 시대적 필요성도 감안하여, 98년 중 추진한 정부 규제 개혁 프로그램을 통하여 원자력 관계 법령을 정밀히 검토하게 된 것이다.

그 결과 실제 원자력 안전성을 저해하지 않으면서도 개혁이 가능한 인허가 행정 절차의 간소화, 원전 사업자에 대한 하도급 업체 관리 책임의 집중, 민간 자율 인증 체제의 활용, 유사 규제의 중복 규정 배제 등과 관련하여 폐지 또는 개선이 가능한 대상을 도출하였고, 그간 원자력 관계 기관으로부터의 의견 수렴 및 원자력 안전전문위원회 및 원자력안전위원회의 심의 등을 거쳐 원자력법을 개

정하게 되었다.

개정 원자력법은 99년 2월 8일 공포되고 8월 9일 발효되었다.

원자력 안전 연구의 강화

우리 나라 원자력 안전 분야 연구의 발전은 크게 4단계로 나눌 수 있다.

제1단계는 59년부터 72년까지로 방사선이나 환경 안전 기술 분야의 연구가 주종을 이루었다.

개인 피폭 선량 관리와 작업장에서 방사선 안전 관리에 관련된 방사선 측정 및 분석 기술 개발이 이때에 이루어졌으며, 국내 환경 방사능 조사의 실시와 함께 대기 및 환경중의 방사능에 관한 연구, 방사능 오염 측정 및 제거 방법에 대한 기초 연구도 이때 시작되었다.

제2단계는 원자력연구소가 법인화된 73년부터 81년까지로 원자력 기술 개발이나 원자력 발전 기술 토착화라는 국가적 목표를 설정하고 체계적으로 추진한 단계이다.

70년대에 고리 원전 1호기가 도입됨에 따라 순수 기초 연구로부터 발전로의 도입과 관련된 공학적 안전성 연구로 연구 방향을 전환하게 되었다.

즉 원전 기술을 지원하고 안전성 분석을 담당하기 위한 준비 단계로 경수로 및 중수로의 안전성 평가 기술을 도입·확보하기 위한 노력을 기울이기 시작했고, 안전성 평가용 전

산 코드들을 도입·정비·검증하는 활동이 진행되었다.

또한 압력 용기나 배관 계통의 응력 해석과 냉각재 상실 사고에 대한 열수력학적 안전성 분석 연구와 안전 주입 배관수 실험 연구 및 비상 노심 냉각 계통 평가 코드 개발, 원전 계통이나 부품에 대한 비파괴 검사 기술 개발 등의 연구가 시작되었다.

안전 연구의 제3단계는 82년 이후로 발전소 건설이 가속화되고, 가동 중인 원자로가 증가하면서 원자력 기술 자립의 필요성이 크게 대두된 시기이다.

이때부터 정부에서도 특정 연구 및 중점 연구 사업으로 국가 목표에 따른 연구 지원을 강화하였다.

경수로 및 중수로용 핵연료 국산화 사업이 본격화됨에 따라 안전성 평가 체제가 체계화되었고, 국산 핵연료 설계 공급에 따른 안전성 평가 기술의 개발 연구가 활발히 이루어졌다.

중수로 핵연료 안전성 평가는 그동안 개발된 국내 안전성 평가 체계를 토대로 국내 기술에 의하여 수행되었고, 경수로 핵연료의 안전성 평가는 그동안 확보된 기술을 바탕으로 독일의 KWU사에서 이미 실증된 선진 기술을 전수받아 안전성 평가 체계 확립을 도모하였다.

한편 79년 미국의 TMI 원전 사고를 계기로 노심 용융 사고시의 현상 파악·분석·평가 및 대비책 마련을 위한 발전로의 중대 사고 연구에도

관심을 기울였다.

미국을 중심으로 추진하고 있던 국제 공동 연구 사업인 중대 사고 연구 계획에 참여하여 제한된 국내 인력 및 예산으로 최신 안전 기술을 확보하기 위한 연구 활동을 강화하였다.

동시에 그동안 산발적이며 소규모로 추진되어 오던 가동중인 원전의 안전성 평가 기술을 국가 주도의 특정 연구 개발 과제로 추진하여 원전 비파괴 검사 기술, 압력 용기 감시 시험 기술, 배관 결합 평가 기술, 신뢰도 분석 기술 등 원전의 가동 안전성 기술 개발 1단계 사업을 완료함으로써 관련 기술 자립에 기여하였다.

제4단계는 90년 이후로서 규제 전문 기관인 원자력안전기술원이 발족한 시기이다.

92년부터 시작되어 2001년까지 10년간 추진되는 원자력 연구개발 중·장기계획에 있어서도 원자력의 이용·개발에 있어서는 안전성 확보가 최우선 전제임을 재인식하고 원자력 안전성 향상을 위한 노력을 강화하여 오고 있다.

특히 최근에는 중장기 연구 개발 사업의 성과가 나타나기 시작하였는바 원전의 종합 안전성 평가용 전산 코드를 개발하여 해외에 수출하였고, 부분 중수(Mid-loop) 운전 방법에 관한 특허 취득, 프랑스로부터의 DCH 실험 용역 수주 등이 우리의 안전 연구 역량을 대외에 과시한 결과라고 하겠다.

안전 규제 요건의 변화와 최근 동향

1. TMI 원전 사고와 그 이후

TMI 원전 사고 이후 안전 규제 요건들은 계속 변천되어 왔다. 이것은 보다 효과적이고 완벽한 방호 체계에 접근해 가는 과정이라고 볼 수 있다.

원자력 안전에 대한 광범위한 연구 결과와 축적된 운전 경험들이 토대가 되어 특히 각종 사고로부터 얻은 교훈과 재발 방지 대책들이 지속적으로 반영된 결과이기도 하다.

방사선 방호 대책에 관하여는 일본의 히로시마·나가사키의 원폭 피해 자들에 대한 연구와 치료 경험이 결정적인 역할을 하고 있다.

79년 미국의 TMI 원전 사고와 86년 옛 소련에서 발생한 체르노빌 원전 사고가 발생하기 전까지는 원자력 전문가들은 안전에 관한 기술적 자부심을 가지고 있었다.

심층 방어와 다중 방벽으로 대표되는 안전 설계 개념과 안전 관리상의 객관적 검증 체계는 안전 기능 유지를 보장함으로써 사고의 발생을 사전에 예방할 수 있다는 믿음을 제공해 왔다.

그러나 TMI 사고와 체르노빌 사고는 당초 예상했던 것보다는 방사능 피해가 심각하지 않았다는 주장도 있으나 이들 사고가 학문적·군사적·정치적·외교적 관점에서 논의되던 원자력의 기술적 측면을 강조하는 형

대로 안전 철학의 변화를 가져왔다.

이러한 변화는 원자력 선진국과 국제원자력기구로 하여금 원자력발전소의 설계 및 운전 안전성에 대한 기술적 관심을 유발시켰고, 안전성 확보를 위한 제반 정보와 기술이 국제적 교류 및 협력 체계의 중요성을 부각시킴으로써 국경을 초월한 만일의 핵사고에 대비하여 국가간 조기 통보 및 비상 지원은 물론 안전 규제의 규제 규범화를 요구하는 원자력안전협약이 체결되기에 이르렀다.

특히 TMI 사고는 안전성을 평가하기 위한 각종 규제 및 기술 기준의 재정비와 안전성 연구를 강화하는 계기가 되었다.

우선 기존의 설계 기준 사고, 즉 가상적 사고 시나리오를 세워 만약의 사고가 발생하더라도 안전 한계 이내로 발전소를 정지시켜 사고 완화 및 회복이 보장될 수 있다는 기존 개념으로부터, 기존의 설계 기준 사고를 초과하여 노심이 용융될 수 있다는 중대 사고 개념에 입각한 중대 사고 예방 및 완화를 위한 대처 방안을 강구토록 하는 규제 입장으로 변화되었다.

또한 기존의 결정론적 안전성 분석 방법에 추가하여 확률론적 안전성 평가 기법에 의한 평가를 통하여 발전 취약 부분에 대한 안전성 강화를 추구토록 하였다.

또한 운전원에 의한 오동작을 최소화시키기 위한 인적 요소에 대한 중요성을 인식하여 비상시 인간·기계 공

조 체제 개선 등 운전원의 개입을 최소화하거나 운전원의 올바른 판단을 유도하기 위한 규제가 강화되었다.

이와 같이 안전성에 대한 대대적인 사고의 전환과 함께 미 원자력규제위원회(US NRC)에서는 TMI 사고의 원인을 면밀히 조사하고 기타 발전소에서 중대 사고 발생 요인을 검토한 후, 가동 및 건설중인 발전소의 안전성 개선 방안으로써 80년 5월 TMI 후속 조치 계획을 수립하였으며, 곧이어 11월에는 그 시행 계획 등을 발표하였다.

그 결과 6,400여 항목의 요구 사항이 선정되어 대부분 시행된 상태로써 후속 조치 항목을 특성별로 분류하면, 130여종의 조치 사항 중 39종의 설비 추가, 31종의 절차 변경, 기타 60여종은 적절한 해석 및 보고서 발간을 요하는 사항으로 구분된다.

대표적인 사례로서는 후속 조치 항목(노심 손상 등)과 관련하여 중대 사고에 대한 연구가 계획되었고, 이에 대한 정책·목표 및 요건 설정을 위한 장기적인 법제화 계획이 천명되었다. 85년에는 중대 사고 정책 성명이 공포되기도 하였다.

한편 가동·건설중인 발전소에 대하여 수소 제어 규정(10CFR 50.44(c))이 제정·시행되었으며, 잠시 건설이 중단된 원자력발전소에 대해서는 TMI 관련 추가 규제법을 준수토록 요구한 바 있다.

우리 나라에서도 건설 및 운전중인

발전소에 대하여 설비 보완 등 적절한 후속 조치를 시행한 바 있다.

이러한 기술적 변화는 안전성이 보다 제고된 개량형 원자로 개발로 이어져 현재 이에 대한 연구가 마무리 단계에 있다.

90년 중반부터 피동형 안전로 (Passive Safety Reactor)라는 전혀 새로운 안전 개념의 원자로 개발도 시도되고 있는데, 이는 사고 초기 운전원의 개입을 극소화하고 원자로 고유의 안전 특성을 설계에 반영하고 사고 후 일정 기간 동안 외부 전력의 공급 없이도 원자로 스스로 고도의 관성에 의해 안전성을 유지하는 획기적인 안전 개념의 원자로이다.

2. 체르노빌 사고 이후

동 사고는 옛 소련 고유 설계의 RBMK 원자로와 우리 나라를 포함한 서방 세계 원자로의 안전 설계 개념의 차이, 방사성 물질의 환경 유출을 차단하는 원자로 격납 용기의 중요성, 원자력 사고가 일단 발생하면 원상 복구가 불가능하여 결국 사전 예방만이 최선의 방안을 일깨워준 사고였다고 하겠다.

체르노빌 사고를 계기로 환경 방사능 조사의 유효성이 입증되었으며 환경 방사능 감시 설비의 보강 및 자동화를 적극 추진하였고, 사고 발생시 지역 주민과의 의사 소통, 주민 소개 등의 사고 관리 대책과 피해 보상 등 정부의 개입 정도에 대한 검토 등이

진행되었다.

특히 국경을 초월한 방사선 재해의 심각성은 주변국과의 원자력 비상 대책에 대한 결속을 다지는 계기를 제공하였으며, 국제원자력기구를 중심으로 한 원자력 안전 협약의 체결·발효를 통해 원자력 안전 문제를 국제 규범화하는 결실을 가져왔다. 우리나라도 원자력 사고시 조기 통보 협약(1986년 9월)에 가입하였다.

결론적으로, 오늘날 원자력발전소는 35년 이상의 안전성 연구 및 기술 개발 성과의 운전 경험의 축적을 통하여 지속적으로 향상되어 왔으며, 전술한 두 사고는 비록 원자력발전소의 대형 사고라는 오점을 남겼으나 이들 사고로 인한 교훈은 안전성 확보에 크게 기여했다고 해야 할 것이다.

3. 원자력 안전 규제의 최근 동향

79년과 86년에 발생한 TMI 원전 사고와 옛 소련의 체르노빌 원전 사고 이후 상당 기간이 지난 후에는 두 사건이 각국 국민들의 뇌리 속에 원자력에 대한 부정적 이미지로 계속 남아서 원자력 사업자와 안전 규제 기관에 숙제를 던져주고 있다.

동 사고 발생 이후 원자력 안전 문제는 개별 국가 차원을 넘어 범지구적인 문제로 대두되었고, 동시에 국제적으로 통용되는 안전성 목표와 원칙을 확립하려는 노력이 경주되어 왔다.

안전성 확보에 관한 국제 규범인 원자력안전협약(Nuclear Safety

Convention)은 96년 10월에 발표되었으며, 우리 나라도 95년 IAEA 정기 총회에서 동 협약의 비준서를 기탁하였고, 98년 9월 체약국으로서 보고서를 제출한 바 있다.

원자력안전협약은 전세계적으로 높은 수준의 원자력 안전을 유지하고 방사선 장해에 대한 효과적인 방호 수단을 확립·유지하며, 사고를 예방하고 사고시 그 피해를 최소화하는데 목적이 있다.

당사국들은 자국 내 원자력 시설의 안전성을 가능한 한 빠른 시일 내에 점검하여 필요한 안전 조치를 강구하여야 하며, 각국은 안전 요건 및 규정을 정하고 인허가 등 규제 체제를 마련해야 하며, 특히 가동중인 원자력 시설의 안전성을 주기적으로 평가하는 체계를 갖추어야 한다.

한편 IAEA는 「원자력 사고 조기 통보 및 사고 지원」에 관한 협약을 마련하여 원자력 사고에 대비한 국제 대응 체제를 구축하였으며, 스웨덴·노르웨이 등 노르딕 국가들도 「NORDIC 협정」을 운영하고 있다.

원자력 사업자들은 세계원전사업자협회(WANO), 원자력발전협회(INPO) 등을 창설하여 원자력 안전, 특히 사고·고장에 관한 정보 교환과 지원·협력 체제를 갖추고 있다.

또한 97년에는 G7 국가들을 중심으로 국제원자력규제자협회(INRA)가 발족되었다.

그리고 「원자력손해배상협약」 개

정과 함께 「방사성폐기물 안전관리협약」등도 현재 IAEA가 각국에 서명을 개방하고 있다.

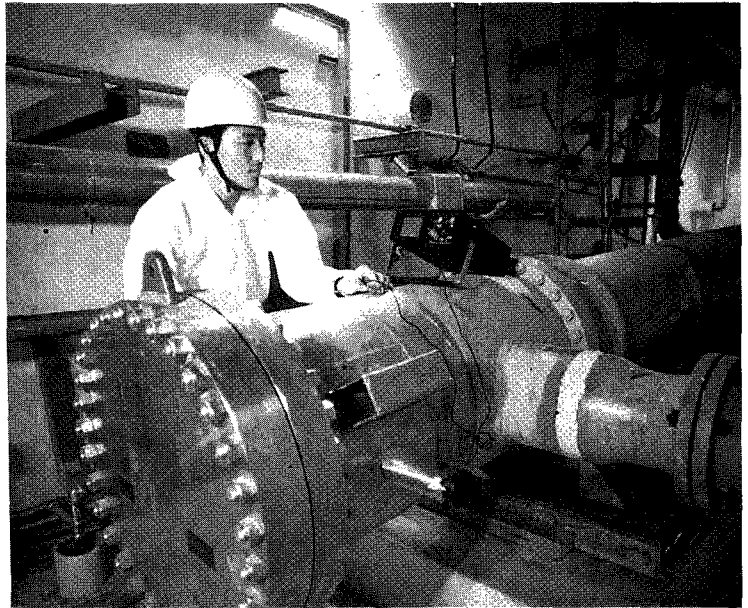
국내적으로는 원자력 산업 기반을 확충하고 한국 표준형 원전의 해외 진출 등 원자력을 수출 산업으로 육성하기 위한 노력과 함께 원자력 산업의 국제 경쟁력 강화를 위해 전력 산업에 대한 구조 조정 논의가 진행되고 있다. 이와 함께 원자력 산업의 진입 장벽을 제거하기 위한 규제 개혁 작업도 활발히 추진되고 있다.

한편 차세대 원자로, 중·소형 원자로 등 다양한 원자로형의 개발 추진, 핵주기 시설 확대 및 미래형 핵연료 기술의 개발, 방사선 이용 기술 개발 등으로 안전 규제 대상이 다양화되고 있다.

이와 동시에 국민의 생활 수준 향상으로 환경 및 안전에 대한 관심이 증대되고 있으며, 사회 단체들의 집단 의사가 표출되는 등 국내 정치적·사회적 여건도 상당히 변화되고 있다.

새로운 밀레니엄과 원자력 안전의 전망

98년 말 현재 세계적으로 운전중인 운전은 430여기에 이르고 있으나 건설중인 원전의 수는 36기에 불과하며, 건설중인 원전의 대부분을 동북아시아와 옛 소련 및 동구권 지역이 차지하고 있다.



비파괴 검사. 안전성 확보를 최우선으로 한다는 원자력 이용의 전제 조건은 앞으로도 계속 강조될 것이다. 그리고 가동중 원전의 수명 및 안전 관리, 신형 원자로 개발 및 이용, 방사성 폐기물 안전 관리, 국제 협력의 강화 등이 주요 현안으로 다루어질 것으로 전망된다.

80년대까지 세계의 원전 건설을 주도했던 북미 및 유럽 지역에서는 당분간 신규 원전의 발주가 이루어지기 어려울 것으로 전망된다.

또한 86년 옛 소련 지역의 체르노빌 원전 사고로 인해 크게 악화된 원자력에 대한 대중 인식이 근본적으로 개선되지 않은 점과 전력 산업에 대한 규제 완화와 경쟁의 심화로 인해 초기 투자비가 많이 소요되는 원전 건설이 전보다 어려워지고 있는 것이 사실이다.

그리고 원전을 건설중이거나 계획중인 상당수의 동구권 및 개발 도상국(인도 등)의 경우 건설 재원의 확보 문제 등으로 인해 향후 전망이 불투명하다.

따라서 당분간 신규 원전의 건설은 한국·일본·중국·대만·북한 등 동북아시아 지역을 중심으로 이루어질 것이다.

특히 우리 나라는 98년 8월 정부가 확정된 장기전력수급계획에 따라 2015년까지 총 28기의 원전을 상업 운전하여 국내 전기 생산의 45% 이상을 담당하도록 되어 있어, 향후 세계 원자력 산업에 있어서 핵심적 역할을 담당해 나갈 전망이다.

그러나 세계적인 원자력 산업의 장기 침체 상태가 계속될 것으로는 보이지 않는다. 무엇보다도 지구촌의 핵심 현안으로 떠오른 지구 온난화 현상 등 환경 보전 문제와 관련하여 원자력의 기여도가 재조명되고 있기

때문이다.

유엔기후변화협약에 따른 교토 의정서에 의하면, 선진국들은 2008~2012년 평균 온실 가스(이산화탄소 등) 배출량을 90년 배출량을 기준으로 평균 5.2% 감축시켜야 한다.

에너지 사용량과 온실 가스 배출량이 비례한다고 볼 때, 2010년경의 온실 가스 배출량을 20년 전보다 오히려 5.2% 감축시킨다는 것은 매우 어려운 과제임을 짐작할 수 있다.

따라서 선진국들은 에너지 절약 및 이용 효율 증대를 위한 노력과 더불어 온실 가스 저배출 에너지원의 이용을 확대할 수밖에 없다.

원자력 발전은 현재 온실 가스를 거의 발생시키지 않는 유일한 대용량 발전원이다.

100만kW급의 원전 1기는 연간 약 170만 탄소톤의 이산화탄소 배출량 감축 효과가 있으며, 이는 95년 국내 이산화탄소 총배출량의 1.7%에 해당한다.

98년을 기준으로 원전은 OECD 국가에서 총 전기 생산량의 24%를 점유하고 있는데(프랑스 75.8%, 벨기에 55.2%, 스웨덴 45.8%, 한국 41.7%, 스위스 41.1%, 일본 35.9%, 스페인 31.7%, 독일 28.3%, 미국 18.7%, 캐나다 12.4% 등), 이를 통해 온실 가스 배출량 감축에 크게 기여하고 있다.

현재 상업 운전 중인 원전들은 2010년경부터 원래의 설계 수명을 다하는 경우가 많은데, 화력발전소가

이를 대체한다면 온실 가스 감축 목표를 달성하기 매우 어렵다.

따라서 안전성을 유지하면서 원전의 운전 기간을 최대한 연장시키기 위한 노력과 안전성과 경제성이 대폭 향상된 신형 원자로를 개발하여 가동 중 원전 또는 폐로 되는 원전을 대체할 수 있도록 하려는 노력이 함께 진행되고 있다.

국내 원자력 산업계에서도 그동안의 모범적인 건설 및 운영 실적을 토대로 괄목할만한 기술 축적을 이루어 한국 표준형 원전을 자력으로 건설하고 있으며, 이러한 기술을 토대로 안전성과 경제성을 크게 향상시킨 차세대 원자로의 개발을 추진중이다.

세계의 여러 신형 원자로 중 차세대 원자로는 확고한 건설 계획이 있을 뿐만 아니라 국내 원자력 산업계가 선진국 수준으로 진입하는 통로 역할을 해줄 것으로 기대되므로 제도적·기술적 측면에서의 적극적인 뒷받침이 요망된다.

이러한 관점에서 특히 표준 원전 설계에 대한 인증 제도 및 통합 운영허가 제도의 도입과 인허가 심사에 필요한 검증 기술 및 절차의 구축이 추진되고 있다.

한편 전력 산업에 대한 규제 완화 및 구조 조정은 전세계적인 추세이다. 과거에는 전력 회사들이 한 국가 또는 일정 지역을 독점적으로 담당하는 공급자 중심의 전력 공급 체계가 유지되어 왔다.

그러나 수 년 전부터는 많은 국가에서 하나의 소비자에 대해 여러 전력 회사 또는 발전 회사들이 경쟁해야 하는 체제로 전환되고 있으며, 경영 전력 회사로 운영되던 영국 등에서는 전력 회사의 민영화가 함께 추진되어 왔다.

이러한 규제 완화 및 구조 조정은 필연적으로 전력 산업의 경쟁을 심화시키고, 경제성 증진의 필요성을 증대시킨다.

이에 따라 전력 회사들은 가동중인 원전의 출력 효율 개선 및 운전 유연성 증진 등 성능 향상을 보다 적극적으로 추진하면서 신규 원전의 건설보다는 가동중 원전의 수명 연장을 우선적으로 고려하게 될 것이다.

아울러 원자력 안전 규제에 있어서도 안전성은 확고하게 유지하면서도 안전에 실질적으로 도움이 되지 않는 보수성과 규제 행위는 최소화시키는 규제의 효과성(Effectiveness) 증진 문제가 중요하게 인식되고 있다.

이와 관련하여 실제적인 위험도에 기반한 규제의 필요성이 대두되어 각국의 규제 관행에 큰 영향을 미치고 있다.

상당수의 원전들이 20년 이상 가동함에 따라 발전소 노화(Plant Aging) 관리 문제가 중요하게 대두되고 있다.

발전소 노화에서는 설비의 물리적인 경년 열화(Physical Aging) 뿐만 아니라, 해석 기술과 문서, 규정 및

기준, 기술 등의 노화도 중요한 요소이다.

따라서 가동중인 원전의 안전성을 최소한 30~40년에 이르는 운전 기간 동안 유지하고 더욱 향상시키는 문제가 매우 중요한 과제이다.

특히 과학 기술의 발달, 운전 경험의 축적, 경제·사회적 환경의 변화에 따라 안전 규정 및 기준이 점진적으로 발전해가는 점을 고려할 때, 가동중인 원전에 대해 만족할 만한 안전 수준을 유지하고 이를 확인하는 것이 그리 단순하지 않다. 따라서 대부분의 국가들은 주기적 안전성 평가(Periodic Safety Review: PSR) 또는 이와 유사한 제도를 도입하여 가동중인 원전의 안전성을 체계적으로 확인하고, 규제 요건의 소급 적용이나 수명 연장 등과 관련한 요건들을 마련하여 적용하고 있다.

우리 나라도 수명 관리와 연계하여 주기적 안전성 평가 제도의 도입을 추진중에 있으며, 시범 호기 선정·평가, 관계 법령 정비 등 이를 위한 제반 작업이 단계적으로 진행될 예정이다.

주기적 안전성 평가를 통하여 영국에 이어 미국과 일본에서도 최초 설계 수명 이상의 원전 운전을 허용하는 추세에 있음을 감안할 때, 국내에서도 주기적 안전성 평가 결과를 수명 연장 여부의 판단 근거로서 적용할 수 있을 것으로 전망된다.

방사성 폐기물 및 후행 핵연료 주

기 문제도 중요한 현안으로 등장하고 있다.

처분 방법이 잘 확립되고 처분장 운영 실적이 축적된 중·저준위 방사성 폐기물의 경우 대부분의 국가에서는 문제가 되지 않으나, 한국이나 대만 등과 같이 국토 면적이 좁고 방사성 폐기물에 대한 국민 이해가 잘 이루어지지 않은 국가에서는 원자력 사업의 존립을 위협하기도 한다.

사용후 핵연료나 고준위 방사성 폐기물의 경우 영구 처분 방법이 기술적으로는 확보되어 있으나, 아직까지 대규모로 실용화하지 못하고 중간 저장하는 방법이 채택되고 있다.

또한 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 하루 속히 추진해야 할 것이다.

한편 공업·농업·의료·환경·첨단 과학 등의 분야에서의 방사선 또는 방사성 동위원소 이용은 전세계적으로 급속도로 증가하고 있다.

신규 원전의 건설이 이루어지지 않는 미국 등의 경우 이 분야의 종사 인력 및 생산량이 원자력 발전 분야의 수배에 달하고 있으며, 그 응용 분야가 점점 다양해지고 있다.

우리 나라도 방사선 이용 기관의 수가 앞으로 매년 10% 정도씩 증가할 전망이어서 이와 관련한 방사선

안전 관리와 사용후 방사성 동위원소의 안전 관리도 향후 중요한 안전 현안이 될 것이다.

마지막으로 국제 협력이 지속적으로 강화될 것으로 전망된다. 특히 체르노빌 원전 사고는 원자력 안전 문제가 국경을 초월하는 전세계적인 문제라는 인식이 확고하게 자리잡는 계기가 되었다.

국제원자력기구(IAEA), 경제개발협력기구/원자력기구(OECD/NEA) 등 국제 기구나 양국간 협약 등을 통해 안전 관련 정보를 교환하고 기술 개발을 공동으로 수행하는 경우가 일반화되었으며, 전세계 원전의 안전성을 균일하게 향상시키려는 노력도 활발하다.

국제원자력기구 주도로 이루어진 「원자력안전협약」과 「방사성폐기물 관리의 안전 및 사용후핵연료 관리의 안전에 관한 공동 협약」은 이러한 국제적 노력의 성과이다. 동시에 원자력 산업체들도 다국간 기술 정보 교환 및 공동 개발 노력을 활발하게 진행하고 있다.

결론적으로 안전성 확보를 최우선으로 한다는 원자력 이용의 전제 조건은 앞으로도 계속 강조될 것이다.

그리고 앞에서 살펴본 국내외 동향 및 전망을 근거로 할 때, 가동중 원전의 수명 및 안전 관리, 신형 원자로 개발 및 이용, 방사성 폐기물 안전 관리, 국제 협력의 강화 등이 주요 현안으로 다루어질 것으로 전망된다. ☞