

원전 방사선 관리 및 정비 기술 분야 업무 효율 향상

김 위 수

한전 중앙교육원 수석연구원

한 국원산에서 수여하는 제11회 원자력기술상 대상을 받게 되어 매우 기쁘고 영광스럽게 생각한다. 한편 그간 teamwork로 같이 일하고 노력했던 여러 부하 동료 직원에게 매우 고마운 마음을 간직하고 있음을 말씀 드린다.

과거 못지 않게 점점 에너지 확보와 에너지 활용 기술의 중요성이 더해 가고 있는 오늘날 국내 원자력 산업의 발전에 기여하는 개인/단체에 수여하는 본 기술상은 시대적으로 매우 의미있는 상으로 향후 더욱 권위있는 상으로 정착될 것으로 믿는다.

필자는 한국전력공사에서 원자력 발전 분야에 약 30년간 종사해 왔으며 그 중 약 16 년간은 원자력발전소 현장에서 근무하였다.

본 원자력기술상 공적 대상 기간은 공적서 제출 시점에서부터 이전 10년간이고 수행한 업무 성격상 월성 원자력발전소 방사선 관리부장

(1993.12 ~ 1995.1) 및 전력연구원 수석연구원(1999.1 ~ 2003.12) 재임 기간 중 수행한 업무가 주로 그 공적 대상이 되었다.

필자는 상기 재임 기간 중 부하 동료 직원과 함께 주로 원전 방사선 관리(특히 ICRP- 60 대응 업무와 삼중수소 관련 업무) 및 정비 기술 분야의 문제점에 관심을 갖고 이를 개선 또는 해결하기 위해 노력해 왔으며, 여러 경우 관행적 측면에서 직급에 걸맞지 않게 기술적으로 세세한 부분을 열심히 다루기도 하였다.

그 결과 당해 국내 기술 수준의 제고와 아울러 기술 국산화에 따른 외화 절감에 많은 공헌을 하게 되었다고 생각하며 공헌 내용의 상당 부분은 아래 공적 사항에 포함되어 있다.

다음은 본 기술상 수상과 관련하여 제출했던 공적 사항의 내용이다.

월성 원전 삼중수소 호흡기의 개선 적용으로 체내 피폭 저감

월성 원전같은 CANDU형 중수로에서는 공기 중 삼중수소 방어를 위한 개인용 호흡기를 일상적으로 빈번히 사용하고 있다. 월성 1호기 삼중수소 호흡기의 경우 초기 가동(1983년) 때부터 1992년도까지 삼중수소 제거 매체로 물에 적신 버미큘라이트를 사용해 왔는데 여러 가지 불편점이 많아 이를 해소하고자 동 호흡기의 삼중수소 제거 매체를 얼음 알갱이로 대체함을 주안점으로 하고 이에 부수된 개조와 성능 시험을 주도하였다.

이렇게 개발된 호흡기를 1993년부터 현장에 적용해 본 결과 동 호흡기의 삼중수소 제거성, 운용 비용, 사용 편리성, 착용의 쾌적감, 폐기물 처리 측면 등에서 획기적으로 개선되어 현재까지 필수적으로 애용되고 있으며, 개선 이후 현재까지 월성 원전이 외국의 중수로에 비

해 외부 피폭량 대비 삼중수소에 의한 체내 피폭량이 매우 낮아진 주요 사유가 되고 있다.

본 호흡기의 개선은 유사 사례가 없는 독창적인 것으로 사내 최초의 창안상(제1호)을 수상한 바 있으며, 지금까지 개선된 호흡기 개발 이후 수 차례의 거듭된 성능 시험에도 일관되게 성능이 입증되었다.

이동형 방사성 폐액 제염기 개발 적용으로 폐액 방사능 방출 저감

월성 원전 1호기 초기 가동시부터 지적되어온 방사성 폐액 처리 장치의 성능/용량 부족을 해결하고자 설계 개조에 응모된 외국 전문 업체들의 견적은 기자재 비용만 70만 US\$를 상회하였다.

이에 본인 주도로 1992년에 계획, 1993년 초부터 이동형 방사성 폐액 제염기의 개발에 착수하여 약 7,000만원의 비용으로 개발을 완료하였으며, 1994년 하반기부터 월성 원전 1호기에 적용한 결과 성능의 탁월함이 입증되었다.

그 외 대부분의 국내 원전에서도 일시적으로 다량의 폐액(특히 고방사성 폐액)이 생성되는 경우에 대처하고자 이후 동 제염기를 자발적으로 채택 적용함으로써 현재까지 각 원전의 폐액 방사능 방출량을 저감하는 데 지대한 도움이 되고 있다.

본 이동형 제염기는 다량의 고방

사성 폐액, 특히 유기 물질이나 세제 성분 등을 함유한 탁도 높은 폐액도 비교적 단시간 내에 효율적으로 제염할 수 있으며 제염 매질(이온 교환 수지, 활성탄, 마이크로 필터)을 신속 용이하게 교환할 수 있는 구조로 되어 있고, 폐액 조성 특성에 따라 제염 매질이나 유로를 선택적으로 사용할 수 있다.

이후 본 제염기 개발 건은 회사 내 「제1회 현장 기술 개발 우수 사례」로 채택, 단체상을 받은 바 있으며, 또한 발명 특허를 받았다.

월성 원전 삼중수소 제거 설비(TRF)에 삼중수소 분리용 촉매 및 촉매탑 상용화 적용

전력연구원내 삼중수소 기술팀장(보직 기간; 2000. 1 ~ 2003. 3)을 겸직하면서 월성 원전에서 현재 건설중인 「삼중수소 제거 설비(TRF)」의 핵심 기자재로 동 기술팀에서 발명 특허품으로 개발한 「삼중수소 분리용 촉매 및 촉매탑」의 성능을 구체적으로 한수원 측에 제시, AECL 개발품과 경합한 결과 한수원 측으로 하여금 월성 TRF에 상용 채택케 하였다.

그 결과 외자 도입비 약 60억원의 외화를 절감함과 동시에 동 TRF 건설 운영에 관련된 하기 업무를 주도적으로 수행함으로써 한수원측의 TRF 기술 자립 및 국산

화에 크게 기여하였다.

○ TRF 파일럿 플랜트 건설 및 동 플랜트로 상기 촉매/촉매탑 성능 검증 시험

○ TRF내 촉매탑 계통과 연관된 계통들과의 설계 연계 사항 관리

○ 최초 원형(proto-type) 절차서인 TRF 촉매탑 계통 운전 절차서 및 촉매탑 설치 절차서 직접 작성

○ AECL이 작성한 TRF SAR(안전 분석 보고서) 직접 검토 수정 및 번역

○ 상기 SAR 의 TRF 환경 영향 평가 보고서 등 각종 인허가 문서 작성 제출로 TRF 건설 허가 지원 (* 2002. 12. TRF 건설을 위한 허가 취득됨) 등

국내 삼중수소 활용 연구 선도

필자는 현재 산자부 과제인 「삼중수소를 이용한 자발광 제조 기술 개발(기간/예산; 2002. 9 ~ 2005. 8/ 26억원)」를 제안 수탁받아 과제 책임자로서 활동하고 있으며, 1차년도 수행 결과의 우수 평가를 받아 국내 최초로 월성 TRF에서 생산될 삼중수소를 활용할 계기를 선도적으로 조성하였다.

본 기술은 무전원(無電源) 비상출구 표시판 등에 사용되는 야광 유리관을 제조하는 기술로서 국내 최초로 본 과제를 수행함으로써 핵융합 발전 연구에 필요한 '삼중수소

취급 기술의 고도화' 기술에 근접하는 계기를 마련하였다.

한편 현재 한국 원자력학회 주관 「국가 원자력 기술 지도 작성 사업 (현재 진행중)」의 「민군 겸용 기술 분야 작성 위원」을 맡아 삼중수소 battery 등 삼중수소 활용에 관련한 여러 가지 후속 연구 개발 가능 과제를 후진에게 제시한 바 있다.

ICRP-60 권고 사항 법제화 시행 대비 방사선 관리 대응 방안 적극 구현

국제방사선방호위원회(ICRP)가 1990년에 '중전 대비 방사선 작업 종사자 및 일반인의 피폭 선량 한도가 줄어든' ICRP-60 권고 사항을 공표함에 따라 대부분의 나라와 마찬가지로 우리 나라도 이를 수용하여 원자력법령에 법제화 반영했으며 2003년 초부터 전면 시행하고 있다.

한수원 측에서는 상기 법령 시행에 대비한 원전 방사선 관리 체제 구축이 시급 현안으로 대두됨에 따라 전력연구원 방사선환경그룹장 재직시 한수원 측에서 필요한 아래 사항과 같은 ICRP-60 대응 과제들의 수탁을 역점 지원하고 모두 성공적으로 수행되게 지도함으로써 국내 원전에서 ICRP-60 법제화에 대응하는 데 크게 기여하였다.

○ ICRP-60 법제화 대비 효과-부

담 평가 및 대응 방안 수립

○ ICRP-60을 반영한 원전 주변 주민 선량 평가 체제 구축

- 연구 결과물로서 한수원용 고유 모델 주민 피폭 평가 전산 프로그램 K-DOSE 개발. 현재 전 원전 현장에서 공식 사용중임.

○ 중수로 원전 감속재의 C-14 제거 기술 개발

- 연구 결과물로서 「감속재 이온수지 관리 프로그램」과 「감속재 배기 CO2 Scrubber 시제품」이 있다. 전자는 월성 원전 현장에 적용되고 있으며, 후자는 월성 원전 현장에 설치중에 있음.

- 감속재 배기 CO₂ Scrubber 상용화를 위한 후속 과기부 실용화 과제를 수행중임.

○ 내부 피폭 선량 평가 및 측정 신뢰도 향상 기술 개발

○ 연구 결과물로서 한수원용 고유 모델 내부 피폭 평가 전산 프로그램 KIDAC 개발. KIDAC 코드는 수차례 성능 확인이 되었으며, 현재 한수원 전 원전에 설치한 후 시험 운영중에 있음.

○ ICRP-60 적용에 따른 원전 방사선 감시 계통 설정치 변경

○ 가압 경수로 계통 내 아연 주입 기술

- 1차 타당성 조사 과제를 마치고 후속 과제를 산자부 과제로 수행중임.

○ 원전 구성품 표준 제염 공정 및

절차 개발

그 외 과기부 원자력 증장기 대과제인 「방사선 방호 기술 개발 과제」수행에 참여하고 있으며, 이 중 일부 세부 과제인 「방사선 피폭 저감 기술 개발」 과제 책임자를 맡아 수행한 바 있다.

원전 비파괴 검사 및 평가 과제의 성공적 수행 및 현장 적용

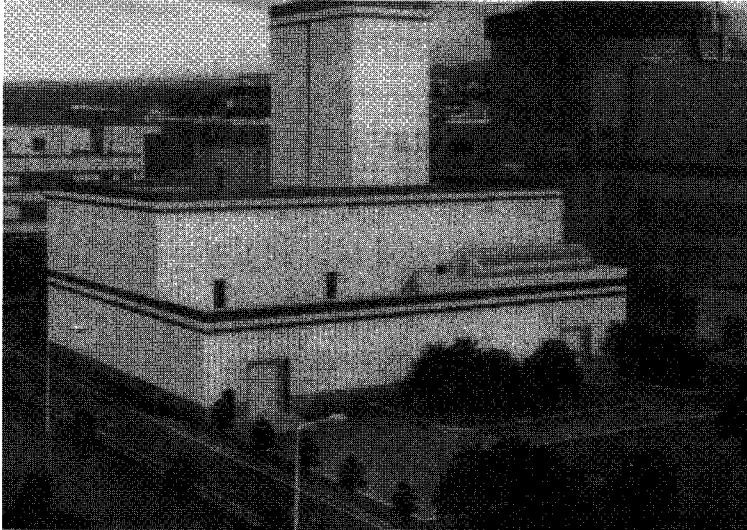
전력연구원 비파괴 평가 분야 그룹장으로 일하면서 ISI 관리 과제, 「비파괴 검사자 기량 검증 과제」등 많은 고부 가치 과제들을 수탁되게 지도하였으며, 특히 아래 과제들의 연구 책임자로서 행정적으로 역점 지원하여 기술 국산화 토대를 확실히 구축하게 하는 등 과제들을 성공적으로 수행되게 하는 데 크게 기여하였다.

○ 원전 가동중 검사 관리 시스템 구축 - ISI DB 및 파괴 역학 분석 (Fracture Mechanics Analysis) 과 연계

○ 한국형 비파괴 검사자 기량 자격 검인증(PD, Performance Demonstration) 체제 구축

- 외국에서는 1차 계통 배관/기기 초음파 검사만 시행하나 우리나라는 증기발생기 전열관 ECT 검사도 포함.

- 연구 기간/예산 ; 2000. 8~2004. 1(40개월) / 32억원



월성 원전 삼중수소 제거 설비(TRF)

- 2004 년 중반경 PD 법제화 예상되며 이를 기술적으로 지원 중임.
- 증기발생기 2차측 잔류 물질 영향 평가 프로그램 개발
- 중수로 압력관 비파괴 검사 진단 기법 개발(IAEA 국제 공동 연구)
- 울진 1,2호기 터빈 동익 자동 초음파 검사 기술 개발
- 사용후연료 저장조 plate 용접 부 ECT 기술 개발 등

그 결과 종전에 많은 외화를 지불하며 외국 기술에 의존하였던 한수원 발주 용역 사업이나 기술 지원을 비파괴평가팀 기술로 대체 수행하면서 막대한 외국 용역비를 절감하게 되었으며, 최근 3년간 외화 절감액은 최소 122.5억원에 달한다.

또한 지난 영광 5호기 1차 계획 정비 기간 중 시행한 가동중 검사

(ISI)를 비파괴평가팀 자체적으로 2003. 3.12 ~ 4.20 기간 동안 성공적으로 시범 수행을 완료하였다.

특기 사항으로 이 ISI 기간중 이 탈된 열전달 완충판(Thermal Sleeve) 3개를 비파괴평가팀에서 발견하였고, 원자로 피복관 결함 탐본 채취 및 원자로 피복관에 미친 안전성 평가까지 수행하여 규제 당국에서 계속 운전을 결정하는 데 결정적으로 기여한 바 있다.

원전 정비 기술의 국산화 개발에 기여

전력연구원 원전설비지원 그룹장으로 일하면서 많은 우수 과제가 수탁되게 독려하였으며, 특히 아래 과제들의 연구 책임자로서 기술적/행

정적으로 역점 지원 지도하여 기술 국산화로 기술적 토대를 확실히 구축하는 등 성공적으로 수행되게 하는데 크게 기여하였다.

이때 구축된 기술을 근간으로 아래 과제들은 모두 그 우수성과 성공적 수행으로 현재 계속 후속 과제가 진행되고 있다.

- 원전 동력 구동 밸브(MOV) 성능 및 안전성 평가
- MOV 이상 진단 장비 개발
- 월성 원전 칼란드리아관 처짐도 측정 및 예측 기법 개발
- 증기발생기 전열관 렌싱 세정 장치(전력연구원 고유 모델 KALANS 렌싱 장치 set) 개발
- 고리 1호기용 세정 장치의 성공적 개발 이후 고리 2,3,4호기, 월성 1,2호기용 등의 장치를 수주 받아 개발중임.
- 증기발생기 검사 및 건전성 평가 기술 개발
- 고리 1호기 구증기발생기 활용 연구를 포함한 과기부 원자력 중장기 과제임.

- 연구 기간/예산 ; 2002. 3~2005. 2 (36개월) / 51억원

상기 대과제인 「증기발생기 검사 및 건전성 평가 기술 과제」 수탁을 위해 적극 노력하였으며, 동 과제의 주요 내용인 「고리 1호기 구증기발생기 전열관 시편 채취 등의 작업을 위해 필요되는 상세한 현장 방사선 방호 계획」을 직접 작성하였다. ☞