



원전연료의 생노병사를 연구하며 꿈꾸는 미래

김용덕

한국수력원자력 중앙연구원
원자로안전연구소 선임연구원



세계 주요 9개국 전문가들과 국내 원자력산업계 주요 전문가들이 참여하는 30주년 한국원자력연차대회라는 뜻깊은 행사에서 원자력산업계 최고 권위의 영광스런 원자력기술상 수상의 기회를 갖게 되어 더없이 기쁘게 생각한다.

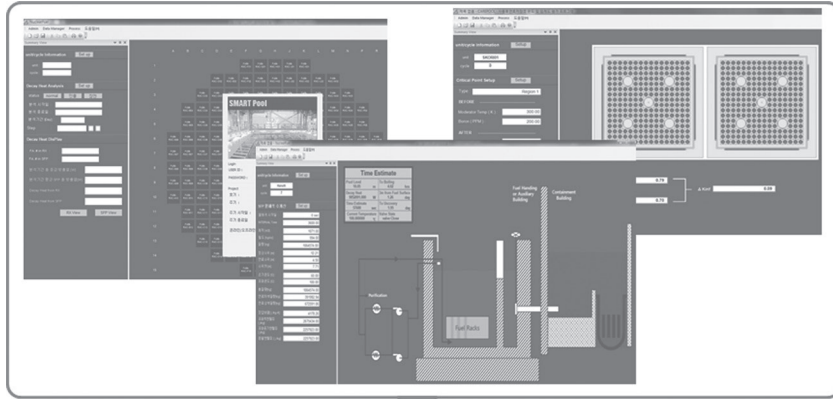
1997년 연구원으로 입사한 이래로 경·중수로 원전연료와 노심 재료 분야 연구 업무에 매진해 왔다. 원자력 발전의 꽃이라 불리는 노심에서, 원전연료의 성능과 고연소도 안전성, 손상 원인 규명 및 혁신형 핵연료 개발 등에 대한 연구과제들을 수행하였다.

1999년에는 노르웨이 할덴시험원자로 프로젝트에 한국인으로서 처음으로 원전연료 분야 연구원으로 파견되어 미국, 프랑스, 러시아 및 일본에서 개발된 신형 핵연료 피복관 성능 비교를 위한 노내 실증 시험을 수행하는 기회를 가졌는데, 돌아켜보면 환경도 언어도 익숙하지 않은 나라였지만 직접 부딪치면서 경험하며 배운 것이 지금의 내가 원전연료와 노심 재료를 연구하는 데 큰 밑거름이 된 것 같다. 중수로 분야에서는 중수로 개량연료인 CANFLEX 연료의 실용화 연구를 담당하여 수행하면서, 새로운 연료가 개발되어 인허가를 마치고 장전되기까지의 전 과정을 직접 진행하는 귀중한 경험을 하였다.

얼마 전, 어느 대학교에서 원전연료의 일반 개론에 대한 세미나를 해달라는 요청을 받고 주제를 생각하다가 문득 원전연료의 탄생부터 소멸까지를 다루는 일명 연료의 '생노병사(生老病死)'에 대해서 발표를 하였다.

우라늄 원전연료의 생애는 원광을 채광해서 변환시키고 발전소에서 연소될 수 있는 형태로 다듬어져 제조되는 '생(生)'의 과정을 시작으로 노심 내에서 핵분열과 붕괴의 과정을 통해 성장과 노화의 단계인 '노(老)'의 단계를 거치게 된다. 이 과정에서 어떤 내외부적인 영향으로 연료 손상이라는 '병(病)'의 과정과 치료(수리) 과정도 거치는데 요즈음은 원전연료의 제조·관리·운영 기술 발전으로 연료 손상 발생 건수가 연간 1건(전체 연료봉 기준 약 백만분의 1) 이하로 건강 관리가 매우 잘 되고 있는 상황이다. 최종적으로 원전연료는 재처리 또는 최종 처분인 '사(死)'의 과정으로 생애를 마치게 된다. 우리네 인생과 크게 다를 바가 없다. 다만, 최근에 인류에게는 사회적으로 노인 분들에 대한 관리 문제가 대두되고 있듯이 원자력발전소에서 수명을 다한 사용후핵연료에 대한 관리가 우리에게 풀어야 할 큰 현안으로 남아있다.

사용후핵연료 얘기를 좀 더 하자면, 본인이 미국에서 박사학위 과정을 거의 마칠 무렵에 후쿠시마 원전 사고가 발생



**SFP 온도 평가 분석절차에 의거 사용자 편의환경(GUI)에서
단순 입력으로 10분 이내에 평가 완료**

한수원 중앙연구원에서는 사용후연료 저장조 냉각재 온도 거동의 예측을 통해 신속성과 정확성을 고려한 최적의 온도 평가 체계를 확립하고자 'CAREPool'을 개발하였다.

하였다. 이 사고 이후 원자력 르네상스라고 불리우던 상황은 너무도 급격하게 위축되었고, 한편으로는 다시는 이러한 사고를 겪지 않으리라는 각성에 많은 연구들이 시작되었는데, 이 중 하나가 사용후핵연료 저장조 냉각 기능 상실에 대한 대책 연구였다. 이 냉각 기능이 상실되면 시간이 지남에 따라 저장조 냉각수가 증발되어 사용후핵연료가 공기중에 노출되고 후쿠시마 원전 사고에서 보았듯이 심각하게는 수소 폭발로 이어질 수 있기 때문이다.

국내에서도 원자력안전위원회는 개선 대책으로 사용후핵연료 저장조 냉각 기능 상실 시 대책 확보를 요구한 바 있다. 이에 우리 회사는 사용후핵연료 저장조 계측/감시 강화, 비상 충수 설비 보강 등 하드웨어 및 절차 개선을 통해 사고 확산 방지 대책을 마련하였다.

더불어 한수원 중앙연구원에서는 사용후연료 저장조 냉각재 온도 거동의 예측을 통해 신속성과 정확성을 고려한 최적의 온도 평가 체계를 확립하고자 'CAREPool(Comprehensive Analyzer for Real Estimation of Pool)'을 개발하였다. CAREPool의 개발로 사용후핵연료 저장조 온도 및 임계도 최적 평가체계가 구축됐으며, 기존 최소 6시간 이상 소요됐던 온도 평가를 현장에서 직접 10분 이내에 평가를 완료할 수 있게 됐다.

1년 남짓의 비교적 짧은 연구기간이었지만, 자체 기술력으로 평가 체계를 개발, 구축해 기술 도입비 절감 효과뿐만 아니라 기존 해외 프로그램 대비 국내 원전의 데이터베이스를 직접 연결시켜 정확도를 향상시켰고, 적시에 적절하게 운전원이 조치할 수 있는 시스템을 구축, 원전 안전성 향상에 쾌거를 이뤄냈다고 스스로 자부한다.

끝으로, 아직 많이 부족한 저에게 이 상을 수상할 수 있도록 아낌없이 도와주시고 가르쳐주신 중앙연구원 원장님과 원자로안전연구소 소장님을 비롯해 지면의 제약으로 일일이 거론하지 못하는 회사 선후배 동료 분들에게 수상의 영광을 돌리고 싶다. 또한 본 상을 수상할 수 있도록 배려해 주신 한국원자력산업회의의 관계자 분들께도 깊은 감사를 드린다. 🌍