



國產輕水爐 核燃料 첫 장전

原電燃料 自立化時代 돌입

- ◎ 原電燃料 製造技術 自立으로 에너지 自立基盤構築에 寄與
- ◎ 原電燃料 國內 製作으로 原電燃料 安定供給에 寄與
- ◎ 原電 運營技術의 一部 自立으로 原電의 安全運轉과 經濟的 運轉에 寄與
- ◎ 關聯 産業技術 波及效果 및 輸入代替效果

韓國核燃料株式會社(代表:韓弼淳)가 지난 '88년 10월부터 상업생산을 시작함으로써 국내수요 전량이 국산화된 바 있는 경수로 핵연료가 2월 17일 사상최초로 고리 2호기에 장전됨으로써 핵연료 자립시대의 새로운 단계에 접어들게 되었다.

이날 장전된 경수로핵연료 52다발은 韓國核燃料(株)에 의해 지난해 7월 25일 최초로 출하되어 한전측에 인도된 것으로서, 한전측은 그동안 공급자의 품질보증검사와 별도의 엄격한 인수검사를 수행, 품질의 적합성을 확인한 바 있다.

자원이 빈약한 우리나라의 형편에서 유일한 대안인 원자력을 통한 에너지 자립을 이룩하고자 1981년 7월 30일 제31차 경제장관협의회에서 방침을 확정함에 따라 국가적인 주요 추진 과제로 착수된 경수로核燃料 국산화사업은 당초 핵설계, 열수력설계 등 핵심기술을 전적으로 외국에 의존하는 합작투자 방식으로 계획되었던 것을 국내주도의 기술도입에 의한 공동설계 방식으로 변경, 韓國核燃料(株)가 사업의 전 과정을 주도함으로써, 국산화 비용을 크게 절감하고 기술자립 기간을 단축할 수 있었다. 핵연료 설계는 한국원자력연구소가 기술도입선인 서독의 Siemens/KWU사와 공동으로 수행하였다.

核燃料 성형가공은 원전을 보유한 모든 나라에서 일차적 자립목표로 삼는 두뇌집약적 기술분야이자, 한다발의 핵연료는 3,700여개의 부품으로 구성되어 고온(320℃)과 고압(150 기압) 조건의 원자로 안에서 3~5년 동안 연소되는 초정밀 첨단기술 분야이며, 원자로 안전운전 및 가동을 향상의 관건인 동시에 여타 원자력 발전기술 분야에 파급효과가 큰 핵심기술이다. 핵연료 기술자립은 세계 26개 원전보유국 중 우리나라가 11번째이다.

韓國核燃料(株)는 연산 200 MTU 규모의 성형가공공장을 가동, 17×17형, 16×16형, 14×14형 등 국내 경수로형 원자로 노형에 따른 세가지 타입의 핵연료를 연 140톤 가량 생산하여 국내 수요 전량을 공급하고 있다. 이번에 고리 2호기에 장전되는 핵연료는 16×16형으로서 235개의 핵연료봉과 21개의 안내관 및 계측관을 가로, 세로 16줄씩 배열하여 정사각형 기둥모양의 다발로 묶은 형태이며, 가로, 세로 19.7cm, 길이 410cm 무게 584kg으로서 우라늄 392Kg이 포함되어 있다.

核燃料 봉은 Zircaloy 피복관과 UO₂ 소결체로 구성되어 있으며, 1개의 핵연료 봉에는 365개의 소결체가 장입되어 있다. 직경 0.8cm, 길이 1cm, 무게 5g 정도인 담배필터 모양의 소결체는 약 3.5

%의 저농축 이산화우라늄(UO₂) 분말로 만든다. 경수로핵연료 1다발에는 소결체 약 96,000개가 장입되며, 수명기간중 약1억2천400만KWH의 전력을 생산할 수 있는데, 이는 8만 가구의 도시 하나가 1년 동안 살 수 있는 전력에 해당한다.

핵연료 제조 공정은 육불화 우라늄(UF₆)을 UO₂ 분말로 만드는 재변환공정, UO₂ 분말을 압분, 소결, 연삭하여 작은 원주형 소결체로 만드는 소결체 제조공정, 소결체를 Zircaloy 피복관에 장입시켜 양쪽 끝단을 봉합한 다음 전해 연마하는 연료봉 제조공정, 지지격자 등 부품을 제조하는 부품제조 공정, 연료봉 및 각종 부품을 조립하여 완성된 핵연료 집합체를 제조하는 핵연료 집합체 제조공정 등으로 나뉘어 진다.

소결체 제조 공정에서는 재변환 공정에서 공급되는 3.5% 저농축 이산화우라늄 분말을 혼합기로 균질하게 혼합한 다음 회전 압분기로 압분하여 만들어진 압분체를 수소분위기의 소결로에서 약 1,700℃로 4시간 정도 소결한 후 무심 연마기로 연마하여 완성된 펠렛을 만든다.

연료봉 제조 공정에서는 완성된 펠렛을 건조로에서 약 1시간 반동안 건조시킨 다음 미리 한쪽 끝이 봉단 마개와 용접된 지르칼로이 피복관에 장입하고 압축 스프링을 삽입한다. 여기에 헬륨가스를 충전한 후 다른 한쪽끝과 봉단마개를 저항압력 용접으로 밀봉한 다음 전해연마를 한다. 또한 이 공정에서는 제어봉을 삽입하는 안내관 및 계측기를 삽입하는 계측관도 제조한다.

部品製造工程에서는 연료봉을 지지하는 지지격자 및 상·하단 고정체, 압축스프링, 봉단마개, 지지격자 슬리브 등을 제조한다.

지지격자는 Inconel 지지격자 및 Zircaloy 지지격자의 두 종류가 있으며, 내·외부 격자관 및 지지격자 모서리를 점용접으로 조립하여 경납땜 또는 TIG 용접을 하여 완성한다. 지지격자 이외의 부품은 현재 국내 외주 가공에 의하여 조달하고 있다.

核燃料集合體 製造工程은 골격체 조립공정과 집합체 조립공정으로 나눌수 있다. 골격체 조립공정은 연료봉 제조공정에서 제조된 안내관과 계측관, 부품제조공정에서 조립된 지지격자 및 기타 구성부품을 용접 및 조립하며, 집합체 조립공정은 완성된 골격체에 연료봉을 장입하고 상·하단 고정체를 조립하는 공정이다. 연료봉 장입시 연료봉 표면이 긁히는 것을 방지하기 위하여 연료봉에 락커를 도포하는데 도포된 락커는 집합체가 최종 조립되면 제거된다. 이렇게 완성된 핵연료 집합체는 최종 검사를 거쳐 핵연료 집합체 저장고에 저장된다.

고리 2호기 노심에는 16×16형 핵연료 집합체 총 121개가 장전되며, 1년에 한번씩, 한번에 52개씩 교체된다. 이번의 장전은 고리 2호기의 6차 교체에 해당한다.

核燃料의 생명이라 할 수 있는 안전하고 신뢰성 있는 핵연료를 생산, 공급하기 위해, 韓國核燃料(株)는 독립적인 품질보증부서를 설치하여, 한국의 원자력법, 미 연방규제법 및 고객의 품질보증 요건에 부합하는 품질보증체제를 수립, 운용하고 있으며, 또한 국제원자력기구의 안전규정에 따른 세부 품질보증절차서, 제조 및 검사절차서 등에 의해 각종 업무를 절차화하여 자재 및 부품의 구매에서부터 제조, 출하에 이르기까지의 전 과정을 철저히 관리하고 있다.

國産核燃料와 똑같은 설계의 핵연료가 이미 브라질의 Angra-1 및 유고슬라비아의 Krsko 원자력발전소에 사용되어 안전성이 입증된 바 있으며, 국내에서 제작된 모의 핵연료도 '88년 11월 古里 2号基에 시험 사용되어 발전소 현장의 핵연료 취급기기와의 적합성시험, 노심내의 장전시험 및 기존의 Westinghouse사 핵연료와의 양립성 시험 등을 성공적으로 마친바 있다. 또한 한국원자력안전기술원에 의한 국산핵연료 안전성 보고서 심사 및 이에 따른 과거치의 국산핵연료 사용 認·許可 절차도 거쳤다.