

# 고성능 지르코늄 합금 개발



한국원자력연구원 정용환 박사

**과**학기술부와 한국과학재단은 원자력발전소의 안전성과 경제성을 크게 향상시킬 수 있는 고성능 지르코늄 합금(HANATM Alloy)을 개발한 한국원자력연구원 정용환 박사를 이달의 과학기술자상 수상자로 선정했다고 밝혔다.

원자력발전소의 '핵연료피복관'은 원자로내에서 핵연료인 이산화우라늄이 안전하게 핵분열 반응을 일으키도록 보호하고, 방사성 물질이 외부로 누출되는 것을 막아주는 일차적인 방호벽 역할을 하는 가장 핵심적인 부품이다. 만약, 핵연료피복관이 파손되면 방사성 물질이 냉각수로 유출되어 원자력발전소의 안전성에 문제점이 야기될 수 있다. 따라서 핵연료피복관은 고온 고압의 극한 원자로 운전조건에서 수년간 사용되기 때문에 부식 저항성과 기계적 특성이 우수해야 한다.

우리가 알고 있는 금속 원소 가운데 이러한 방사선 조건에서 가장 잘 견딜 수 있는 재료가 지르코늄 원소이기 때문에 핵연료피복관 재료는 지르코늄을 주원소로 하고 일부 다른 원소가 첨가된 특수합금으로 구성된다. 그러나 이러한 특수합금의 개발기술 및 제품제조기술은 고난이도 기술이므로 일부 원자력 선진국만이 원천기술을 독점하고 있는 실정이다. 우리 나라는 현재 막대한 로열티를 지불하면서 전량 완성된 제품을 수입하여 국내의 발전소에 공급하고 있다.

이번에 정 박사팀이 개발한 고성능 지르코늄 신소재는 현재 상용 원자로에서 사용되는 핵연료피복관(Zircaloy-4) 소재보다 성능이 월등히 우수하고 외국에서 최근에 개발한 신소재 제품보다도 50% 이상 성능이 향상되어 원자력발전소의 안전성과 경제성을 크게 향상시킬 수 있다. 또한, 미국, 일본, 유럽, 중국, 한국 등에 30여건의 특허를 등록함으로써 이미 소재 관련 원천기술을 확보하였기 때문에 해외기술 종속에서 탈피하여 우리 소재기술을 해외에 수출할 수 있는 획기적인 신소재 개발 기술이다.

정 박사팀은 1997년부터 연구에 착수하여 원천소재 개발, 시제품 제조기술개발, 실험실 성능평가, 연구로 노내 검증시험 등의 일련의 연구를 10년 만에 성공적으로 마침으로써 독자소유권과 국제경쟁력을 갖는 신소재를 개발하는 개가를 이뤄냈다.

고성능 HANATM 신소재는 지르코늄 원소를 주성분으로 하고 있으며, 니오븀, 주석, 철 등을 미량 첨가하고 새로운 공법의 제조공정을 도입함으로써 성능을 획기적으로 향상시켰다. HANATM 신소재의 안전성 및 경제성을 시험하기 위해서 원자력발전소와 같은 모의실험장치를 통해서 1차적으로 시험한 결과, 기존의 외국 제품에 비해서 부식 및 기계적 변형에 대한 저항성이 월등히 우수한 것으로 나타났다. 그러나 원자력제품을 상용로에 사용하기 위해서는 방사선 분위기에서 최종 성능을 입증해야 한다.

따라서 2차적으로 원자로 성능을 검증하기 위해 이 분야에서 시험기술과 시설이 세계에서 가장 우수한 노르웨이의 할덴 원자로로 개발한 제품을 이송하여 3년 동안의 노내 검증시험을 실시하였는데, 원자로 조건에서 성능을 검증한 결과, 외국에서 개발한 신소재 피복관보다 50% 이상 성능이 우수한 것을 확인하였다.

국내의 핵연료전문회사에서는 HANATM 신소재의 기술적 우위성을 인정하고 HANATM 피복관을 국내 원전에 공급하려는 장기 상용화 계획을 수립하였고, 현재 이를 생산하기 위한 공장 건설을 추진중에 있으며, 2007년 10월에는 최초로 국내 원자력발전소에 장전되어 최종 노내성능을 검증할 예정이다. 국제 경쟁력과 원천기술을 갖는 HANATM 신소재를 개발함으로써 국내 원자력 산업에 미치는 파급 효과 또한 매우 크다. 향후 매년 500억 원의 수입대체 및 수출효과를 기대할 수 있으며, 소재 관련 원천기술의 확보로 국산 핵연료를 해외에 수출할 수 있는 길을 확보할 수 있으며 원자력 발전소의 안전성을 크게 향상시킬 것으로 기대된다. ㉓

글 | 편집실