

대학 원자력 연구지원용 하나로 계장캡슐 설계·제작 및 조사시험
(Design, Fabrication and Irradiation Test Using a HANARO Instrumented Capsule for the Researches of Universities)

한국원자력연구소 주기남, 김도식, 김봉구, 손재민, 오종명, 신운택, 강영환

연구로를 활용한 캡슐조사시험은 다양한 시험조건을 구현하고 시험기간을 크게 단축할 수 있으므로 원자력 재료 및 구조물의 조사성능 예측 및 평가에 유용하다. 현재까지 개발되어 조사시험이 수행되고 있는 캡슐은 주로 경수형 원자로에 사용되고 있는 원자로 압력용기 (reactor pressure vessel, RPV) 재료의 조사손상 연구를 위한 것이었다. 그러나 이외의 여러 가지 원자력 재료들에 대한 조사특성을 평가하고자 하는 이용자들의 조사시험 요구가 산학연 관련분야에서 급증하고 있다. 이러한 관점에서 하나로의 공동이용 활성화 사업이 1999년부터 시행되고 있으며, 이에 따라 1차년도에는 원자력 재료에 대한 조사손상 기초연구를 수행하고 있는 국내 5개 대학이 공동으로 캡슐조사시험에 필요한 비용을 분담하여 하나로 조사시험용 계장캡슐(00M-01U)을 설계·제작하여, 하나로에서 조사시험하였다. 캡슐 내에는 표 1과 같이 1999-2000년도 사업에 참여한 6개 대학중 핵연료 연구분야를 제외한 5개 대학에서 연구중인 원자로 압력용기, 핵연료 피복관 및 사용후 핵연료 저장·수송용기 재료 등의 조사손상 기초연구를 위한 시편들이 장입되었다. 캡슐의 기본설계는 5개 대학의 시편을 구분하여 배치하는 5단-다공구조로 되어 있으며, 각 단에는 독립제어 전기히터와 조사시편의 온도 및 조사량을 측정하기 위한 열전대 및 중성자 모니터가 설치되었다. 조사시편은 재료 특성치가 상당히 다른 재질인(Fe, Zr 계열) 원자로 압력용기, 핵연료 피복관 및 사용후 핵연료 저장·수송용기 등의 재료로 제작된 small tensile, charpy, 1/3 charpy, small punch, TEM, EPMA, microhardness, 그리고 growth 시편 등이다. 캡슐은 국내 최초로 24MW 출력의 하나로 IR2 조사시험공에서 각 단별로 270~330℃의 조사온도에서 10일간 조사시험되어 $2.6 \times 10^{19} \sim 1.0 \times 10^{20} (n/cm^2)$ ($E > 1.0 MeV$) 고속중성자 조사량범위로 조사되었다. 조사된 시편들은 조사후 시험시설에서 시험재질의 조사성능 평가에 활용될 예정이며, 각 대학의 관련 재료 손상연구에 크게 기여할 전망이다. 과학기술부 주관으로 매년 1차례씩 과제 공모를 하는 '하나로 공동이용 활성화 사업'에 대한 정보는 <http://hanaro.kaeri.re.kr>에서 얻을 수 있다.

Table 1. Researches of universities participated in the '2000-year HANARO project'

재 료	연구 제목	연구기관	비 고
핵연료	단결정 핵연료의 핵분열 기체 확산계수 측정 및 자료화	경희대	래비트 활용 UO ₂ / UO ₂ +첨가제 단결정 Fission gas release 연구
금 속 재 료 (00M-01U)	원자로 구조재료 조사손상 회복 특성	KAIST	조사손상 / 회복특성 연구 RPV 재 (SA508, STS309L)
	사용후 핵연료 저장/수송용기 충격특성 평가	충남대	수송용기재 (SA240, 350, 508) 충격해석, Database
	Zr-계 원자로심재 미세조직 내식성에 대한 중성자 효과	인하대	핵연료 피복관 국산화 신합금 조사 (Zr 계 합금)
	환경친화성 RPV 용 원자로 소재 개발을 위한 조사시험	선문대	페라이트계 저항금강 개발 TEM, 미소시편
Zr 합금재료 중성자 조사손상	한양대	Zircaloy-4, Zr (Tube, Plate) $10^{19} \sim 10^{20} n/cm^2$ 냉간가공, 열처리 효과	