

경수로 원자로에서 발견된 금속파편(Debris) 분석

Analysis of Debris Found in PWR Reactor

정양홍, 유병욱, 이흥기, 김희문, 주용선

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150

경수로 원자로에서 발견된 금속 파편을 채취하여 화학조성을 분석하였다. 상용발전소의 원자로 내에서 발견된 고 준위 방사성 물질의 화학 조성 분석은 차폐형 극미세 성분 분석기(EPMA)를 이용하였다. 본 시험에 사용된 EPMA는 (Electron Probe Micro Analyzer, SX-50R, CAMECA, Paris, France) 조사재시험시설(KAERI, IMEF)에서 운영 중인 기기로서, 고 방사능을 띤 조사 핵연료의 시험을 수행할 수 있도록 기기의 적절한 부위에 납과 텅스텐으로 차폐되어 시편의 방사능 세기가 1 Ci 까지 시험 가능하다. 경수로 원자로 내에서 발견된 시료의 방사능 세기는 그림 2와 4에서 보인 바와 같이 28 R/h 였다. 발전소에서 시험시설까지 시편의 이송은 그림 1에서 보인 바와 같이 납 블록으로 고정시킨 Cask의 정 가운데 시편 굵기 만한 구멍을 뚫어 이송되었다. 시편의 방사화 분석 및 핵종 분석의 요구가 있었으나, 방사화 분석장치의 최대 방사능 허용값이 500 mR/h 이하이기에 방사화 분석은 실시되지 못했다. 시편의 방사능 세기를 줄이고, 시험 시편의 마운팅 작업을 위해 시편을 핫셀(hot cell)내에서 절단 하였으며, 마운팅 된 시편을 연삭 및 연마 작업을 행한 뒤, 그림 3과 같이 핫셀 지붕에 설치된 Glove Box에서 시편 Holder 에 장착하는 작업을 행하였다. 원자로 내에서 방사화 정도에 따라 생성되는 핵분열생성물인 Nd, Mo, Ru, Rh 와 Pd 과 미지시료의 분석을 위한 시험 기기의 인가전압은 25 kV, 전류는 20 nA로 하였다. Nd의 분석은 WDS-1의 PET X-tal의 La X-ray line을 이용하였으며, Mo는 WDS 1의 PET X-tal의 Ka X-ray line, Ru, Rh, Pd는 WDS-2의 PET X-tal의 La X-ray line을 이용하여 분석하였다. 표 1은 미지시료에 함유된 조성을 파악하기 위해 WDS(wavelength dispersive spectrometer)로 분석한 원소들에 대한 성분분석을 수행한 결과이다. 표 3에 보인 저탄소 마르텐사이트강의 조성과 시험 시편의 조성을 비교하면 원자로에서 발견된 시험시편은 저탄소 마르텐사이트강으로 확인되었다. 일반적으로 원자로 내의 일차계통에는 표 1과 같은 조성을 갖는 재료는 사용하지 사용되지 않기에 시험시편은 원자로내에서 파손된 재료가 아니라 외부에서 유입된 금속파편임을 알 수 있었다. 그러나 언제부터 원자로내에서 방사화가 되었는지에 대한 방사화 분석이 시편의 고방사능으로 인해 수행될 수 없기에 방사화 정도에 다른 핵분열 생성물의 원소에 대한 시험을 수행하여 표 2에 나타내었다.

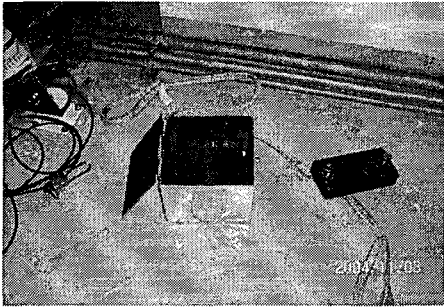


그림 1. 파단시편 이송 Cask

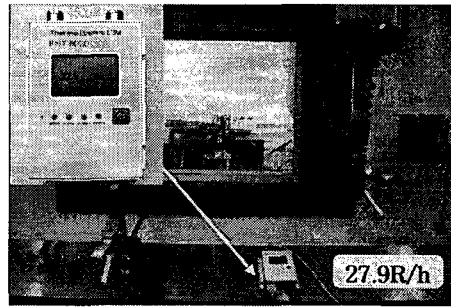


그림 2. 시편의 방사능세기 측정

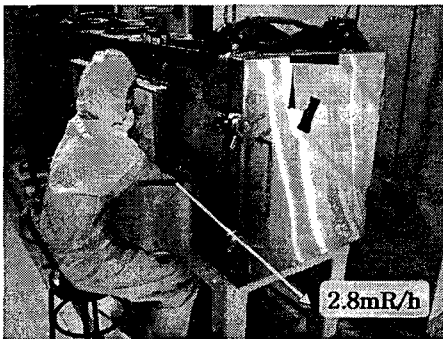


그림 3. 시편 준비 작업

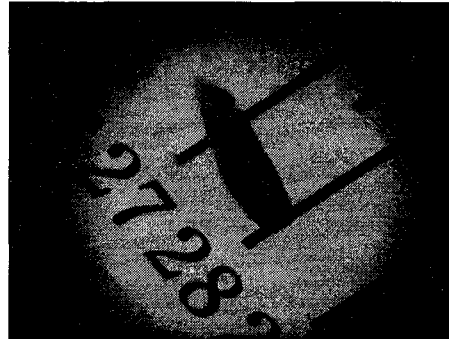


그림 4. 시편의 거시 형상

표 1. 시험 시편의 조성

	Cr	Mn	Fe	Mo	Ni	Cu	Zn	Total
1	2.016	0.555	94.796	0.576	2.322	0.028	0.049	99.766
2	2.109	0.561	93.917	0.442	2.2	0.068	0	98.855
3	2.18	0.552	93.649	0.372	2.268	0	0.034	98.683
4	1.998	0.494	96.232	0.463	1.758	0.023	0.003	100.508
5	1.819	0.486	95.212	0.430	1.668	0	0	99.173
ave	2.024	0.529	95.758	0.445	2.043	0.024	0.017	99.397

표 2. 시험 시편의 핵분열생성물 조성

	Cs	Ba	Nd	Pd	Rh	Ru	Zr	Si	Sr	Al
1	0.029	0.031	0	0	0	0	0.093	0.168	0	0.026
2	0.031	0.009	0.037	0.081	0.043	0.114	0	0.192	0.025	0.017
3	0.027	0	0	0.089	0	0.027	0.015	0.165	0.024	0.02
ave	0.029	0.013	0.012	0.056	0.014	0.047	0.036	0.175	0.016	0.021

표 3. 저탄소 마르텐사이트강 조성

C	Si	Cr	Mn	Ni	Cu	Mo	Fe
0.15~0.22	<0.40	1.8~2.23	0.80~1.20	1.8~2.32	0.02~0.03	0.3~0.6	Bal.