동위원소희석 질량분석법을 이용한 고연소 핵연료 중 지르코늄 동위원소 정량

김정석, 전영신, 박순달, 하영경, 지광용
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045(덕진동 150-1)
njskim1@kaeri.re.kr

PWR 고연소핵연료 중에 함유된 지르코늄 및 성분 동위원소(^{90}Zr, ^{91}Zr, ^{92}Zr, ^{93}Zr, ^{94}Zr, ^{96}Zr 및 Zr total)들을 동위원소희석 질량분석법 (isotope dilution mass spectrometry, IDMS)으로 정량하였다. 조사된 핵연료시료를 화학핫셀 내에서 질산(1+1) 용액으로 용해 및 희석하여 분석시료를 준비하였다. 시료 및 스파이크 (^{92}Zr)를 첨가한 시료를 12 M HCl 용액으로 전처리한 1 단계 이온교환수지관에서 다른 핵분열생성물을 용리시킨 후 지르코늄을 분리 회수하였다. 용출액에 함유되어 있는 지르코늄 동위원소의 동중원소인 몰리브덴을 제거하기 위하여 5 M HCl 용액으로 전처리한 2 단계 음이온교환수지관에서 정제하였다. 최종 분리한 용액을 열이온화 질량분석기 (thermal ionization mass spectrometer, TIMS)로 각각의 성분동위원소 조성을 측정하였다. 시료 및 스파이크 첨가시료의 측정결과를 이용하여 동위원소희석 질량분석법으로 시료 중의 총 지르코늄 및 각각의 성분 동위원소 함유량을 정량하였다. 정량결과를 ORIGEN code를 이용한 핵연료시료 중의 지르코늄 동위원소 함유량 계산치와 비교하였다.

표 1. 스파이크 표준물의 동위원소 조성

Spike	Isotope	Atom%	Precision(+/-)
^{92}Zr	Zr-90	0.97	0.01
	Zr-91	0.51	0.01
	Zr-92	98.06	0.03
	Zr-94	0.41	0.01
	Zr-96	0.05	0.01

표 2. 조사핵연료로부터 분리된 지르코늄의 동위원소 분포

Mass	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Discharge	Sr	Sr, Y	Sr, Zr	Y, Zr	Zr	Zr	Zr	Nb, Mo, Zr	Mo, Zr	Mo	Mo
After Cooling	Sr	Y	Sr, Zr	Zr	Zr	Zr	Zr	Mo	Mo, Zr	Mo	Mo
Separated	-	-	Zr	Zr	Zr	Zr	Zr	-	Zr	-	-

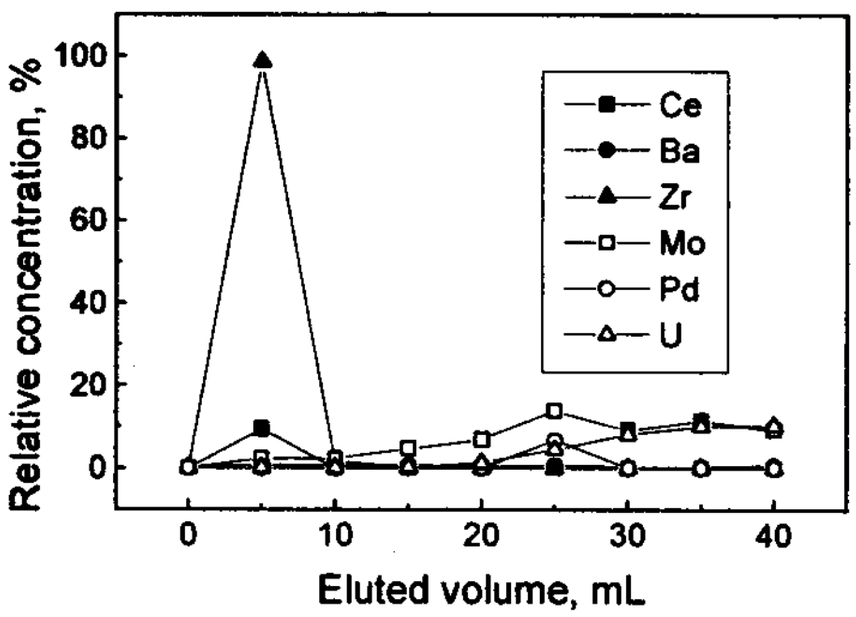

그림 1. 모의핵분열생성물로부터 지르코늄의 용리곡선

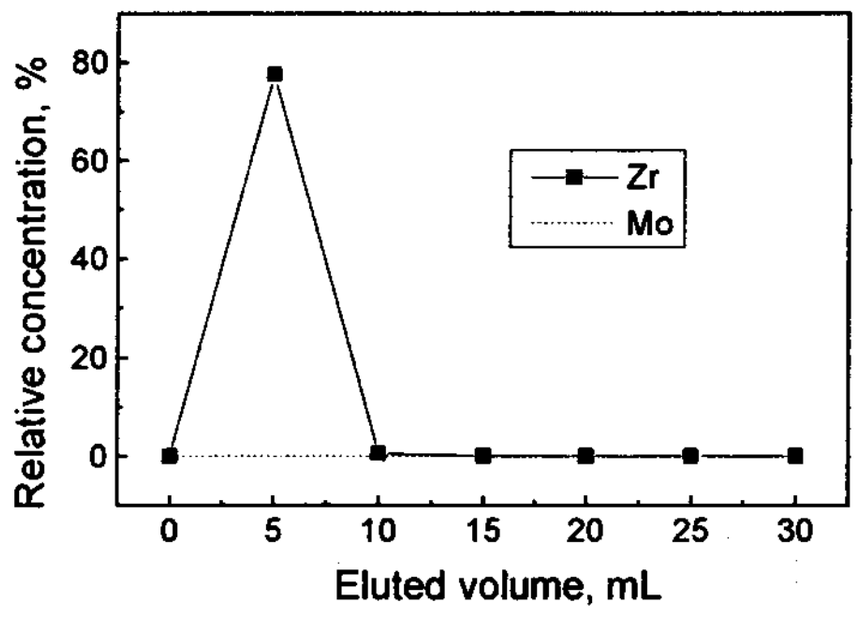

그림 2. 몰리브덴으로부터 지르코늄의 용리곡선