

사용후연료의 건식처리 발생 hull 폐기물의 처리(II)

김준형, 김인태

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

kimih1@kaeri.re.kr

사용후 핵연료의 건식처리 시 핵연료 다발을 절단하여 voloxidation 즉 휘발산화처리를 하면 고온에 의해 분리가 가능한 핵분열생성물의 분리와 우라늄의 산화에 의한 부피팽창으로 핵연료가 조개져서 입도가 작아지고 또한 핵연료가 피복재에서 쉽게 박리되게 된다. 그 결과 폐기물 처리 시에 발열핵종으로 폐기물의 저준위화시에 분리가 요망되는 Cs-137이 분리되는 장점이 있어 습식 재처리에 있어서도 바람직하다. 건식처리에 있어서는 voloxidation 으로 처리된 피복재에는 금속 지르코늄에 불순물로 함유된 우라늄의 의한 방사화 생성물과 피복재 표면에 부착/침투한 방사화 생성물이 방사능을 갖게 된다. 이러한 부착된 TRU 잔류물은 통상 1% 미만으로 알파핵종의 방사능이 원자로에서 배출시에는 고준위 기준치의 약 100배 수준이었다가 30년 냉각후에는 약 1/10 수준으로 저준위화 된다. 지르코늄 금속중에 불순물로 함유된 우라늄의 방사화로 생기는 방사능은 고준위 기준치의 10%를 넘지 않아서 피복재의 저준위화시에 고려할 필요가 없다. 발생열은 방출시에 고준위 기준치의 약 30배 수준에서 5년 냉각후에는 기준치 미만이며 30년후에는 1/8000 정도로 저준위화 된다.

사용후 핵연료를 습식처리에 발생하는 고준위 폐기물 중 약 1/4가 피복재(hull) 임을 고려하면 피복재의 저준위화는 사용후 연료의 건식처리에 있어서도 필수적인 과정이다. 특히 미국의 고준위 폐기물 처분장 Yucca Mt.의 포기와 우리의 고준위 폐기물 처분장이 공론화되는 시점에서 저준위화는 매우 필요한 기술이다. 피복재는 방사성 물질의 침투두께가 0.01mm 미만이 대부분으로 저준위화에는 표면제염에 의한 저준위화가 주로 연구되어왔다.

표면제염에 의한 저준위는 이온 빔, laser에 의한 방법, dry ice 분사에 의한 방법이 시도되었다. 염소기체를 이용하여 지르코늄의 산화막을 제거하고자 하였으나 이 산화막이 안정적이어서 표면의 연마, 아크릴 칼의 사용, 표면을 늘려서 처리하는 등 전처리하여서 염소기체 반응에 의한 표면제거 실험이 가장 효과적임이 실험적 결과이었다.

이러한 전처리로 방사능을 1/100 수준으로 낮춘다고 하더라도 지르코늄 금속중에 불순물로 함유된 우라늄의 방사화에 의해 중저준위 폐기물의 범주에서 벗어나지 않으므로 재활용에는 제한이 있다. 또한 전처리(표면제염)하여 분리되는 고준위는 다른 고준위 염폐기물과 함께 처리하여 발열 핵종을 제거하면 중저준위화가 가능하다. 저준위화 된 hull폐기물에는 지르코늄 금속에 불순물로서 함유되어있는 우라늄에 의한 방사능을 갖는데 이들의 제거나 분리는 지르코늄 합금 피복재 원료물질에 불순물로 함유하는 우라늄의 함량을 낮추는 것과 유사한 문제이다. 현재까지 지르코늄합금 피복재에 우라늄이 불순물로 함유된 것을 사용함으로써 원자로내에서 방사화되어서 방사능을 갖게 되는 것은 피할 수가 없다. 따라서 저준위화 처리된 피복재는 장기 보관으로 방사능을 감쇠시켜서 재활용하도록 한다. 처리 방법으로는 초고압 압축저장, 시멘트 고화, 합성암석에 의한 고화법 등으로 장기간 보관 후에 금속으로서 재활용한다.

참고문헌

1. KAERI/RR-2760/2006, "핵비확산성 건식공정 산화물핵연료 기술개발-건식공정 고방사성 핵물질 처리기술 개발,"(2006)
2. NAGRA NTB 92-13, "Characterisation of PWR Cladding Hulls from Commercial Reprocessing,"(1992)