

UF6 실린더 내부표면 세척공정 폐액 분석

전관식, 유성현, 설증균*, 류재봉*, 최병순*, 이영배*, 조석주*

(주)유이엔지, *한전원자력연료

kschun44@hotmail.com

1. 서론

UF6 핵연료운반용 실린더를 재사용하기 위해서는 국내 원자력법 및 국제 운반관련 규정에 따라 매 5년마다 사용검사를 받아야 하며, 사용검사를 수행하기 전에 실린더 내부를 세척하여야 한다. 한전원자력연료에서는 사용검사 역무를 외국에 위탁하여 수행하였으나 이를 자체적으로 수행하고자 UF6 실린더 세척 및 사용검사 시설을 설치하여 2007년 후반기부터 운영하고 있으며, 이 과정에서 발생하는 세척 폐액에 대한 분석을 통하여 공정의 최적 조건을 추구하기 위한 일차적인 예비시험을 수행하였다. 그 결과로 배출된 각 단계별 세척폐액을 취하여 우라늄농도 분석을 통한 세척정도와 폐액 내에 용해된 우라늄화합물을 규명하고자 하였다.

2. 실험 및 결과

UF6 실린더 내부 세척은 일련의 5단계를 거쳐 시행되었으며, 각 단계별 세척시간은 45분이었다. 첫 번째 단계와 다섯 번째 단계에서는 20L의 물로만 세척하였고, 그 외의 단계들에서는 7wt.% Na_2CO_3 용액 18L 에 35wt.% H_2O_2 용액 2L를 가한 20L 용액으로 세척하였다. 각 단계별로 세척된 폐액을 채취하고, 이 중 침전물을 제외한 상등액의 일부는 용액 중의 우라늄농도 분석에 사용하였고, 일부는 UV-VIS spectrometer 로 분석하는데 사용하였고, 또한 이 액의 일부를 건조시켜 얻은 분말은 XRD 분석에 사용하였다.

단계별 채취된 폐액 중 상등액의 우라늄농도를 분석한 결과에 의하면, 일련의 세척 횟수가 증가함에 따라서 농도가 감소하는 경향을 나타내고 있었으나, 첫 번째 단계를 제외한 나머지 4개의 단계를 연결해 보면 지수 함수적으로 급격히 감소함을 보이고 있었으며, 이 상관성에서 첫 번째 단계는 아주 벗어난 낮은 값을 나타내고 있다. 이는 물로만 세척한 경우로서 실린더 내부 벽면에 부착된 우라늄이 물에 잘 용해되지 않았기 때문에 나타난 현상으로 해석된다. 따라서 첫 번째 단계에서부터 물이 아닌 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ 용액을 사용하여도 공정상 문제가 없다면 곧바로 이 용액을 가하여 세척할 경우 세척폐액의 총 발생량을 경감시킬 수 있을 것이다. 또한 화학 양론적으로 살펴보면, 본 실험에서 실제로 가해진 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ 의 양이 과다하였으나, 이를 각 실린더의 오염도에 맞게 조절할 수만 있다면 이의 첨가량도 줄일 수 있을 것이다.

한편, 용액의 UV-VIS 스펙트럼(그림 1)을 살펴보면, 우라늄이 $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3^{4-}$ 이온상태로 용해되는 것으로 식별되었으며, XRD 커브(그림 2)상에서는 $\text{Na}_4\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3$ 로 식별되었다. 이는 pH가 7.8 이상이고 탄산이온의 농도가 높을 경우 아주 강한 우라닐탄산이온으로 안정화됨을 나타내고 있다 [1]. 따라서 본 실린더 내부표면의 세척에 사용된 용액에 주로 우라늄이 탄산화물로 용해되어 제거되는 것으로 판단된다.

3. 결론

사용된 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ 세척용액에 용해되는 우라늄의 농도는 세척 횟수가 거듭함에 따라 지수 함수적으로 급격히 감소하는 경향을 나타내었으며, 이 용액에 용해되는 주 우라늄화합물은 $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3^{4-}$ 로 식별되었다.

발생되는 세척폐액의 감축과 세척용 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ 의 과다사용을 제어할 수 있는 공정의 최적 운전조건을 도출하기 위한 다양한 실험이 필요하다.

참고문헌

1. J. Zachara et al., "A site-Wide Perspective on Uranium Geochemistry at the Hanford Site", PNNL-17031 (2007).

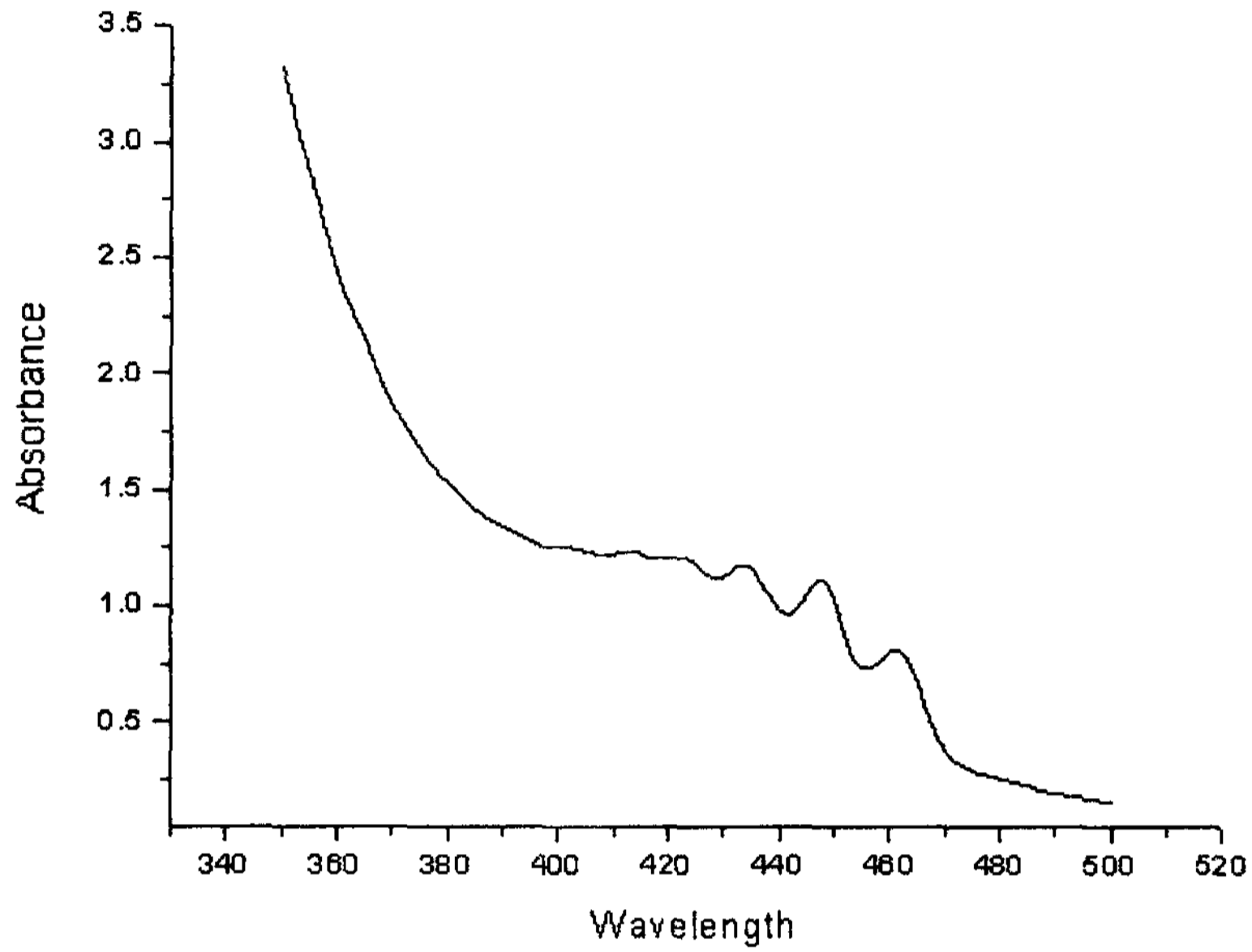


그림 1. 세척폐액 중 상등액의 UV-VIS 스펙트럼

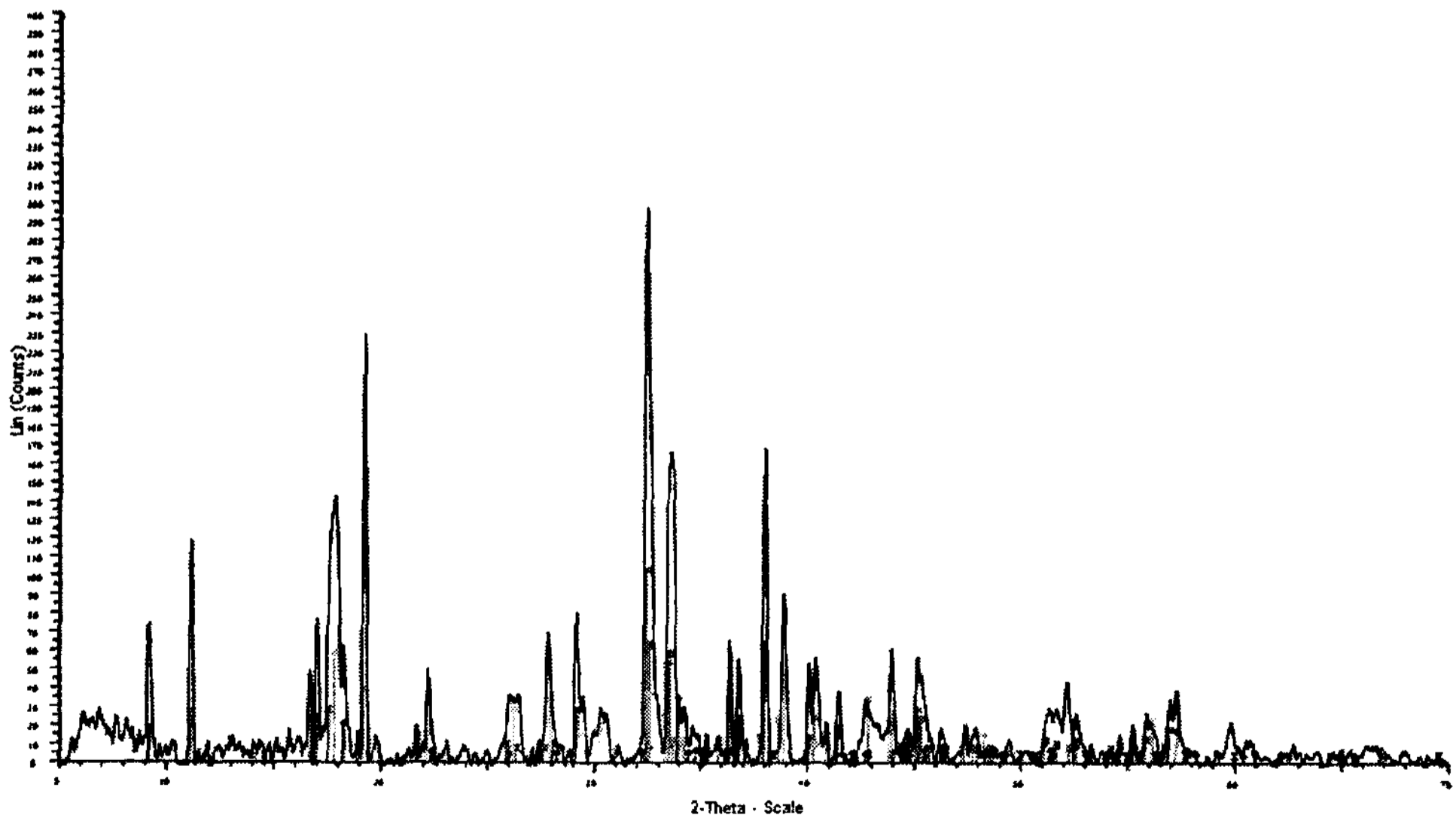


그림 2. 세척폐액 중 상등액을 건조시킨 고형분의 X-선 회절분석 커브