

우라늄금속 폐기물 특성 및 처리

최윤동, 최취경, 이규일, 황두성, 정운수
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
 ydchoil@kaeri.re.kr

1. 서론

국내 원자력산업은 1959년 연구로가 도입되면서부터 시작되었으며, 그 이후 원자력 발전소가 가동되기 시작하면서 지금은 국내 에너지 생산에 중요한 부분을 차지하고 있다. 이러한 과정에서 필연적으로 핵물질 취급관련 연구 및 산업적 이용도 점차 증대되어 왔으며, 이에 따라 핵물질 취급 및 관리에 대한 중요성도 점차 부각되고 있다. 특히 연구 및 실험 또는 산업적 이용으로부터 발생하는 불필요한 핵물질은 안전한 형태로 변환되어서 저장 관리 되어야 한다. 본 연구원에서는, 그 동안 연구를 위하여 사용하였으나 향후 더 이상 필요하지 않은 우라늄을 함유한 핵물질에 대하여는 장기저장에 안전한 화학적 형태로 변환시켜서 관리되도록 하고 있다. 이는 안전한 화합물 형태만이 장기 저장에 따른 위험을 최소화 할 수 있으며, 최종 처분 시에도 별도의 처리가 필요하지 않기 때문이다.

우라늄 금속은 핵연료물질로 사용되는 물질로 일반 대기환경에서 보관하기에는 대기 중 산소와 반응으로 인한 화재 위험성이 따르기 때문에 특히 주의를 요하며, 장기저장을 위해서는 반드시 산화시켜서 안정한 화합물 형태로 변환시켜야 한다. 본 연구원에서는 우라늄금속폐기물에 대하여 산화처리를 수행한 바[1,2,3] 있으며, 이들 우라늄금속폐기물은 순수 우라늄 금속뿐만 아니라 우라늄과 합금형태의 물질을 포함하며 이에 대한 산화처리를 수행하였다.

일반적으로 우라늄 금속은 일반대기 중에서 산소와 서서히 반응하면서 발열반응에 의한 자연연소형태를 취하며 발화한다. 물론 이러한 반응은 우라늄 금속의 표면 활성도에 따라서 크게 좌우된다. 우라늄 금속은 산소와 반응하여 다양한 화학 양론적 형태를 취하며, 300-625℃ 온도 범위에서 우라늄 금속 산화가 진행된다[4]. 초기에는 UO_2 를 형성하며 계속하여 산화가 진행되어서 U_3O_8 까지 산화된다.

우라늄 금속을 산화시키기 위한 장치로는 공기 또는 분위기를 조절시키는 산화반응기를 이용하였으며, 두 가지 경우 모두 만족할 만한 성과를 이루었

다. 그러나 우라늄금속폐기물의 상태에 따라서 적절하게 장치를 수정하여야 하였으며, 초기 우라늄금속폐기물 상태 및 종류에 따라 필요시에는 세척 및 건조 등, 전처리가 필요하였다.

본 연구는 서울 연구용 원자로를 위한 연료제조와 관련한 연구 시 발생되었던 우라늄금속폐기물 633Kg을 처리하기 위한 것으로 우라늄금속폐기물에 대한 특성 파악과 분위기 조절식 산화처리 장치를 이용한 처리방안을 도출하는데 그 목적이 있다.

2. 본론

2.1 우라늄 금속폐기물

우라늄금속폐기물은 수용액 중에 보관되어 있으며 5개 드럼에 나뉘어 포장되어 있다. 시료는 물속에 분말형태로 있으며, 이 물질이 소량 혼재된 상태이다. 드럼에 보관 관리 해온지 매우 오랜 기간이 지나고 있으며, 조속히 산화처리가 이루어져 안정한 상태로 관리될 필요가 있다.

2.2 특성분석

우라늄금속폐기물을 물과 메탄올로 세척 후 실온에서 건조 시켰다. 분말 형태의 시료는 공기 중에서 안정한 것으로 나타났다. 시료에 대한 열분석을 실시하였으며 그림1에 나타내었다. 410℃부터 산화가 시작되며, TG 곡선은 500℃ 이후에는 더 이상의 무게 증가가 없는 것으로 나타나고 있다. 즉 500℃에서 산화반응이 완결됨을 의미한다. DTA 분석은 산화반응에 의한 발열 상승점을 나타내며 발열량은 약 20cal/mg의 크기를 보인다. 따라서 산화반응 시 산소량이 과다할 경우 반응열로 인한 과열 현상이 일어날 것으로 예상되며, 실제 처리를 위하여 분위기 조절이 필요한 것으로 나타나고 있다.

시료 및 시료에 대한 산화반응 후 생성물에 대한 X-선 회절 분석을 하였으며, 그 결과를 그림2에 나타내었다. 시료는(그림2 윗부분) U_3O_7 에 의한 것으로 나타났으며, 순수 우라늄 금속에 해당

하는 성분은 전혀 나타나지 않고 있다. 이는 우라늄금속폐기물이 미세한 입자로 물속에 장기간 존재하면서 용존 산소와 서서히 반응하여서 생성된 것으로 사료된다. 한편 산화반응 시킨 시료는(그림2 아래부분) U_3O_8 으로 완전히 변환된 것을 보여주고 있다. 따라서 본 우라늄금속폐기물은 적어도 500°C까지 처리하면 산화반응을 완결시킬 수 있음을 보여주고 있다.

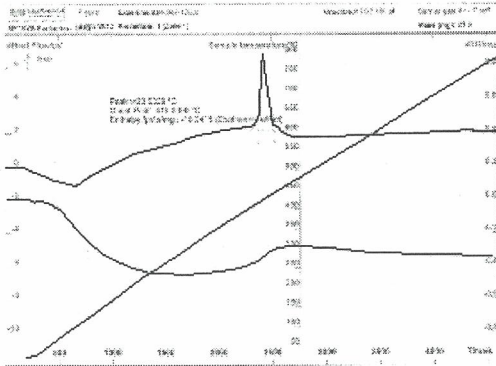


Fig. 1. Thermal analysis for the uranium chips.

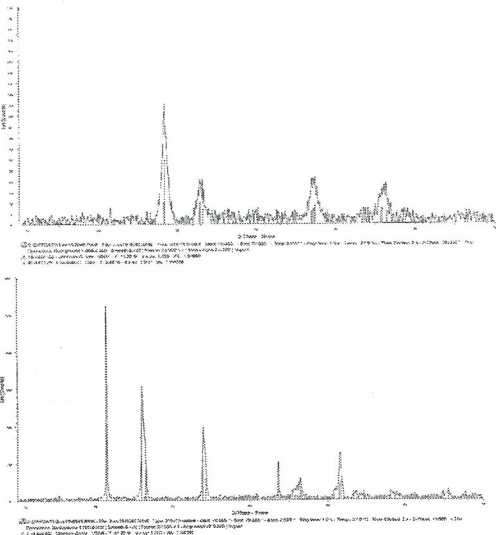


Fig. 2. X-ray diffraction analysis. upper: before thermal treatment, lower: after thermal treatment

2.3 우라늄금속폐기물 처리 계획

본 우라늄금속폐기물에 대한 특성 분석으로부터 아래와 같은 처리 공정을 도출하였으며, 기존에 사용하였던 분위기 조절에 의한 산화처리장치를 이용하여 남아 있는 우라늄금속폐기물을 처리할

예정이다.

현재 처리할 우라늄금속폐기물은 일차로 물로 세척 후, 건조를 용이토록 하기위하여 메탄올로 세척하여 실온에서 건조시킨다. 건조된 시료를 분위기 조절 식 산화장치에 일정량 시료를 넣고 산화시킨다. 이때 산화반응이 효율적으로 진행되도록 고정식 용기에 시료의 양이 너무 쌓이지 않도록 하고, 고정식 산화용기는 3~4단으로 장치될 예정이다.

3. 결론

처리 하여야 할 우라늄금속폐기물은 금속형태의 우라늄은 존재하지 않으며 U_3O_7 형태의 물질로서, 실온의 대기 중에서 비교적 안정한 화합물이다. 그러나 장기 저장 및 안전관리를 위해서는 산화시켜서 U_3O_8 으로 변환시켜야 한다. U_3O_7 형태의 물질이 U_3O_8 으로 산화반응 시 약20cal/mg의 발열반응을 수반하므로 산화반응은 분위기를 조절하는 등의 수단으로 제어되어야 한다. 또한 산화반응을 완결시키기 위해서는 반응기 내에서 500°C가 충분히 유지되도록 하여야한다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행하였습니다.

5. 참고문헌

- [1] 한국원자력학회, 1996년 춘계학술발표회 논문요약집, pp.491-496, 1996
- [2] 한국방사성폐기물학회, 2009년 추계학술발표회 논문요약집, pp.153-154, 2009
- [3] 한국에너지공학회, 1999년 춘계학술발표회 논문요약집, pp103-106, 1999
- [4] Jerry L. Stakebake, The Ignitability Potential of Uranium "Roaster Oxide", CONF-9409181-9, 1994