국내 D-UF_6 재고 및 향후 처리 개념

최윤동, 이규일, 황성태, 황두성, 정운수
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
ydchoi1@kaeri.re.kr

1. 서론

D-UF_6는 핵연료를 제조하는 과정에서 부수적으로 생산되는 물질로서, 후행핵연료물질로서 이용가치가 있는 물질이다. 그러나 후행 핵연료주기를 고려하고 있지 않는 우리로서는 언제까지나 D-UF_6를 보관해둘 수는 없는 실정이다. 더욱이 D-UF_6는 부식성이 매우 강하고 승화성이 큰 물질로서 장기저장을 위해서는 안정한 화합물 형태로 변환시켜서 저장되어야한다. U-금속, UF_4, UO_2, 또는 U_3O_8형태가 공기 중에서 안정한 화합물이나 UF_4는 불소화합물이라는 점에서 장기저장을 위해서는 바람직하지 못하다. 현재 미국에서는 1950년대 이후부터 생산되어 저장하고 있는 D-UF_6는 매우 방대한 양으로 약 70만 톤에 이르고 있으며, 2000년 이후부터 이를 처리하여 유용하게 이용하기위한 국책과제가 수행되어 왔다. 또한 기획에 따른 환경영향현황을 분석한 결과를 바탕으로 미국 내 모든 D-UF_6는 U_3O_8로 변환시킨 후 처분시킨다는 계획을 수립하고[1] 이를 위한 변환공장을 새로이 건설 중에 있다. 우리나라에는 1983년에 자원 확보 일환으로 우리나라 소유분 D-UF_6 약185톤이 미국으로부터 도입된 바 있으며, 이 중 일부는 연구용으로 이용되었으며 현재 약183톤이 남아있다. 남아 있는 D-UF_6는 모두 15톤 크기 용기(48Y 실린더) 14개에 담겨져 옥외에 보관 중이며, 가까운 시일 안에 옥내 보관을 계획하고 있다. 그러나 궁극적으로 D-UF_6는 안정한 화학종으로 변환시켜서 저장 또는 처분하여야 하며, 이를 위한 충분한 논의와 향 후 처리 방안에 대한 대비가 필요하다. 따라서 D-UF_6 처리에 대한 미국에서의 경우를 분석하고, 이를 토대로 국내 D-UF_6에 대한 적절한 처리방안을 수립하는데 기여하고자 한다.

2. D-UF_6 및 감손우라늄 화합물 특성

국내 보관 중인 D-UF_6는 약 183톤이며, 현재 옥외에 저장하고 있다(Fig 1.참조). D-UF_6는 화학반응성이 매우 크고 공기 중에서는 수분과 반응하여 UO_2F_2와 HF를 생성한다. 또한 D-UF_6는 승화성 물질로서 쉽게 공기 중으로 확산된다. 따라서 D-UF_6는 그림에서 보듯이 일정 규격의 표준화된 저장 용기에 보관하며, 용기 재질인 탄소강 외부 부식을 막기 위한 주기적인 도색 등과 같이 지속적 관리가 필요하다.

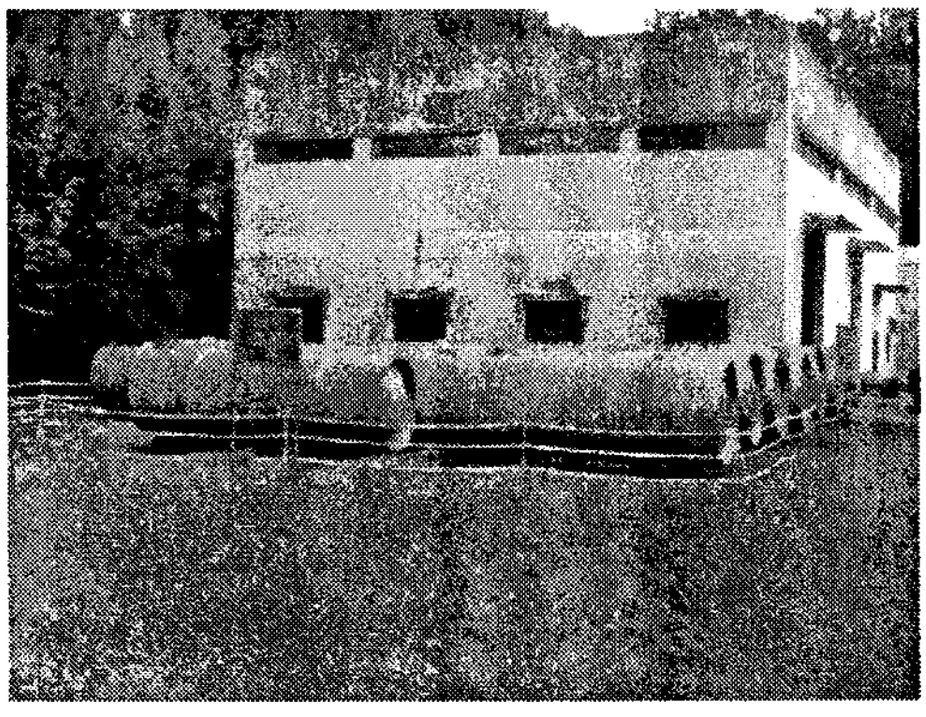

Fig 1. D-UF_6 stored in the field

전 세계적으로 감손우라늄(DU) 대부분은 미국, 러시아, 프랑스 순으로 많은 양을 가지고 있으며, 이중 프랑스는 U_3O_8 형태로 저장하고 있다. 지금까지 이용되어온 감손우라늄(DU)에 대한 용도로는 미래-농축원료, 핵연료(예, 6%Pu 와 94%DU), 고농축우라늄 희석제, 군수품(DU 금속 관통자), 차폐체, 그리고 평형-중량체 등이 있으며, 다량의 감손우라늄(DU)이 요구되는 방사성물질저장을 위한 고밀도 콘크리트 제조에 사용, 그리고 사용-후 핵연료에 대한 핵-임계 가능성을 줄이고 아울러 방사선 차폐를 위한 DU 산화물의 이용 등이 있다[2]. DU 이용성에 대한 많은 연구가 있었으며, 그 중 몇 가지는 산업적으로 이용된 바 있다. 그러나 DU가 비록 저준위라 할지라도 방사성물질이기 때문에 이용성에 한계가 있다.

한편, DU 변환생성물을 포장하거나 운송, 저장, 또는 처분하는 데는 이들의 물리화학적 특성에 따라 그 취급 및 처리방법이 결정된다. DU 변환생성물에 대한 물리화학적 특성을 표1에 요약하였다[3]. 안정한 DU 화합물로는 표1에서 보듯이 산화물 형태로서 장기 저장을 위해서는 산화물형태가 가장 유리하다.

Table 1. Physicochemical properties of depleted uranium compounds

	Bulk density[a] (g/cc)	Solubility in water	Chemical reactions[b]
DU metal	19	Insoluble	Reacts slowly with moisture to form oxides in the presence of oxygen; condensed moisture promotes generation of H_2
DUF_4	2.0-4.5	Very slightly soluble	Reacts slowly with moisture to form DUO_2 and HF and eventually other oxides and minerals
DUO_2	2.0-5.9	Insoluble	Powder only can be pyrophoric in air Reacts very slowly with oxygenated water to yield more stable oxides and minerals
DU_3O_8	1.5-4.0	Insoluble	Reacts very slowly with oxygenated water to yield more stable uranium minerals Product tend to be a fine particulate or powder

[a]Based on data obtained from Duerksen et al.(2000) and Dubrin et al.(1997)

[b]Based on data obtained from Biwer et al.(2000) and DOE 1999a

3. 결론

현재, 국내 D-UF_6에 대한 뚜렷한 이용계획이 없으며 언제까지나 D-UF_6형태로 보관 관리 할 수는 없다. 따라서 새로운 사용처를 찾기 전 까지는 보다 안정한 형태로 변환시켜서 보관되어야 한다. 미국에서는 D-UF_6를 가능한 빠른 시일 내에 안정한 U_3O_8로 변환시킨 후 처분하는 방안을 추진 중에 있으나, 우리나라의 경우 D-UF_6의 양이 한정된 적은 양이기 때문에 처분에 대한 고려가 그다지 중요하지 않으며 안정한 U_3O_8로의 변환 또는 이의 장기 저장에 대한 환경영향에 대한 분석이 필요하다.

참고문헌

[1] DOE/XIS-0359-SA1 and DOE/EIS-0360-SA1, March 2007, "Daft Supplement Analysis for Location(S) to Dispose of Depleted Uranium Oxide Conversion Product generated from DOE's Inventory of Depleted Uranium Hexafluoride"

[2] R. R. Price, M. J. Haire, and A. G. Croff, "Depleted-Uranium Uses R&D Program" Waste Management 2001 Symposium Tucson, Arizona February 25 - March 1, 2001

[3] A. G. Croff, J. R. Hightower, D. W. Lee, G. E. Michaels, N. L. Ranek, and J. R. Trabalka, "Assessment of Preferred Depleted Uranium Disposal Forms" ORNL/TM-2000/161