

# 국내외 감손우라늄 장기관리 방안 고찰

임우진, 최인희, 이호진\*, 이종성\*

한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 과학로 62

\*k708lhj@kins.re.kr, \*jongseong@kins.re.kr

## 1. 서론

감손우라늄은 천연상태의 우라늄보다 낮은  $^{235}\text{U}$  분율을 가지는 우라늄으로써, 천연우라늄에서  $^{235}\text{U}$ 를 분리하고 난 나머지가, 사용 후 핵연료의 처리 후 발생될 수 있다. 이러한 감손우라늄은 핵연료 이외의 비발전 분야에도 다양하게 사용될 수 있는 물질이다. 감손우라늄은 산업공정에서 발생한 가스의 휘발성 유기성분의 제거와 석유연료의 수소화탈황반응에 촉매로 사용가능하며, 태양전기 또는 열전기소자의 회로, 반도체분야와 고체 산화 연료의 전지나 산소 생산에 사용되는 광전기화학 전지와 배터리의 전극에 사용될 수 있는 특성을 가진 물질이다.

현재 국내에서 감손우라늄을 허가를 받아 비발전 분야에서 산업용으로 사용하고 있는 업체가 있으며, 앞으로 감손우라늄의 활용도가 더 높아질 전망이다. 따라서 앞으로 감손우라늄을 함유하고 있는 폐기물의 발생량도 늘어날 것으로 예상된다. 감손우라늄은 방사성을 띠는 물질이기 때문에 일반 산업폐기물과 달리 특별히 관리 되어야한다.

본 연구에서는 현재 국내 원자력 발전소가 아닌 산업체에서 사용된 핵물질의 사용종료 이후 발생한 방사성폐기물에 대한 현황과 감손우라늄을 함유한 방사성폐기물의 저장과 처분에 대한 문제점을 알아보고, 이를 개선하기 위하여 미국 등 국외 원자력 선진국에서의 감손우라늄을 함유한 폐기물의 현황에 대해서 조사하였다.

## 2. 본론

### 2.1 국내 감손우라늄 폐기물 관리현황

현재 국내에서 핵연료물질은 2016년 6월 기준 9개 기관에서 신고하여 사용 중이며, 핵연료물질을 사용하고 있는 기관은 23개 기관이다. 해당 기관에서 저장·사용 중인 핵물질은 감손우라늄, 천연우라늄, 저농축 우라늄과 톨륨 등이 있다. 각 기관에서는 핵물질을 정밀 계량 및 측정 장비 교정, 중성자 측정, 삼중수소 저장제 등의 다양한 목적으로 사용하고 있다. 핵물질을 사용하고 있는 해당 업체에서는 「원자력안전법」에 따라 사용신고를 하여 사용

하지만, 사용 종료 시 발생하는 감손우라늄 함유 방사성폐기물은 장기 저장중이지만 최종 처분을 위한 구체적 계획은 수립되지 않은 실정이다.

감손우라늄 함유 방사성폐기물의 최종 처분을 위해서는 중·저준위 방사성폐기물처분시설에서 감손우라늄 함유 방사성폐기물에 대한 안전성평가가 선행되어야 하며, 이 결과를 반영한 방사성폐기물 인수기준의 확립이 선행되어야 한다. 특히 감손우라늄은 낮은 방사선 위해도이지만, 긴 반감기 및 화학적 특성 등에 따라 일반적인 원전 중·저준위 방폐물의 관리기준과는 차별된 효과적 대책이 필요하다.

또한 현재 장기 저장중인 비 발전분야의 방사성폐기물 중 인수기준에 부적합한 폐기물도 있어 각 발생기관에서 별도의 처리방안을 강구하여 처분 의뢰해야하는 실정이며, 이에 따른 업체의 폐기물 처분 비용의 부담으로 인하여 해당 폐기물을 처분하는데 있어 미온적인 태도를 보이는 것이 문제가 되고 있다. 따라서 방사성폐기물 인수기준도 감손우라늄 함유 방사성폐기물의 특성이 적합하게 반영되었는지 여부에 대해 재검토가 필요할 수 있다.

### 2.2 미국의 감손우라늄 관리

미국에서도 감손우라늄을 활용하여 유기화합물 제거나 석유화학 산업에서 수소화탈황에 촉매로써 사용하고 있는 업체가 있으며, 수소생산, 배터리에 전극으로 감손우라늄을 사용하고 있다. 이러한 산업에서 발생하는 방사성폐기물을 미국은 현재 단순 장기 저장하여 관리 하고 있다. 감손우라늄을 함유한 폐기물은 저준위 방사성폐기물로 분류되어 안정한 화합물인 산화물이나 금속형태로의 저장이 이루어지고 있다. 또한 현재 운영하고 있는 처분장의 설비 시설과 저장 용량을 고려하면, 최대 수십 년 이내에는 감손우라늄의 처분이 필요하지 않다고 전망하고 있다. 앞으로 발생량과 처분시설의 용량을 고려했을 때 처분은 필요하지 않지만 감손우라늄 폐기물을 단순 처분하기 보다는 폐기물 내 감손우라늄을 재사용하는 것이 경제적으로 이득이 된다고 보고 이에 대한 연구개발은 이루어지고 있다.

미국 폐기물 인수와 저장에 관련하여 DOE 435.1에 규정한 승인 과정을 통해 취급해야 한다. 이는

DOE 산하 시설 운영 중 발생하는 모든 방사성 폐기물 및 혼합 폐기물에 적용되는 규정으로, 해당 규정에 따르면 감손우라늄을 함유한 폐기물은 저준위 폐기물로서 관리해야 하며, 폐기물은 처분시설에 대한 인도기준을 충족해야 한다고 명시되어 있다. 인도기준은 처분시설의 성능평가와 복합분석에 기초하고 있다. 현재 감손우라늄 폐기물의 천층매립 방법을 택하여 저장하고 있으며, 전체 재고량을 처분할 수 있는 용량과 과거 경험에 기초해 폐기물 허가기준이 별도의 추가 취급 작업 없이 가능한 네바다 시험지역(Nevada Test Site: NTS)에 보관을 하고 있다. NRC의 저준위 방사성 폐기물 정책범상 감손우라늄이 함유된 폐기물을 저준위 방사성폐기물분류하고 있으며, 10CFR20 및 61에 따라 감손우라늄 성분을 제거해 재사용 또는 재활용하건, 그러한 제품을 처분을 위해 관리해야한다. 저준위 방사성폐기물은 상업적으로 운영되는 저준위 방사성 폐기물 처분 시설에서 인수하고 있으나 저준위 혼합 폐기물을 인수해서 저장 또는 처분할 수 있는 상업적 시설은 매우 제한적이다. 혼합 폐기물 처분을 위한 상업적 시설은 Utah주 인근의 Envirocare of Utah시설이 있다.

### 2.3 기타 국가들의 감손우라늄 관리

현재 대량의 감손우라늄폐기물의 처분을 고려하여 처분시설의 지질학적 성능을 평가한 국가는 독일뿐이다. 일본은 최근의 연구 논문에서 감손우라늄 함유 폐기물에 대한 저준위폐기물로 천층매립을 검토한 바 있다. 그러나 현재 천층매립 시설에 처분할 감손우라늄 함유 폐기물의 용량과 방사능 재고량은 완전히 정해지지는 않았다. 영국은 감손우라늄은 현재 폐기물로 분류되지 않으며, 단순 저장단계에 있다. 영국 내 감손우라늄폐기물의 향후 관리에 대한 의사결정은 확정되지 않았다. 프랑스 역시 단순 저장을 하고 있으며, 감손우라늄의 잠재적 가치 때문에 현재 감손우라늄 폐기물을 처분하지 않고 있으며, 프랑스 정부 요건에 따라 재사용 가능한 방사성물질에 대해 연구를 진행하고 있다.

### 3. 시사점 및 결론

방사성폐기물 안전관리 분야에서 선도국들은 각 폐기물의 범주와 특성에 따라 적합한 장기관리 방안을 국가 방사성폐기물 관리정책 또는 관리계획을 수립하여 시행하고 있다.

미국을 비롯한 원자력 선도국에서는 감손우라늄을 함유한 폐기물에 대해 현재까지는 단순 저장수준의

정책을 보이고 있다. 앞으로 폐기물 내 감손우라늄의 재사용을 위한 연구를 수행하고 있어, 감손우라늄을 처분하지 않고 장기 보관하는 방향의 정책을 보이고 있다.

'14년 12월 1단계 사업 사용승인을 받은 경주 중저준위 방사성폐기물처분시설의 경우 원전 방사성 폐기물을 주 대상으로 하고 있으며, 1단계 사업에서는 비 발전분야에서 발생한 감손우라늄폐기물을 고려하고 있지 않은 것으로 알려져 있으며, 비 발전분야에서 발생한 감손우라늄폐기물은 해당 기관에서 장기저장 중에 있다. 반면 향후 감손우라늄폐기물을 포함한 비 발전분야의 방사성폐기물 발생량은 상당 수준 증가될 것으로 판단되므로 비 발전분야 발생 방사성폐기물의 최종처분을 고려한 효과적인 관리대책이 필요할 것이다. 특히 감손우라늄폐기물의 특성을 반영하여 처분안전성평가에 근거한 효과적인 인수기준의 개발이 필요하다.

방사성폐기물의 안전관리에 대한 국민적 관심도가 높은 우리나라의 상황을 고려할 때, 폐기물의 안전관리 차원에서 현행 제도 개선을 통한 감손우라늄의 특성을 반영한 저장과 처분들의 관리방안을 마련하는 것이 필요할 것이다. 이에 있어 현재 원자력 선진국에서 시행되고 있는 저장 및 처분방법을 참고하는 것이 향후 국내 적용할 수 있는 관리방안을 선정하는데 활용될 수 있을 것이다.

### 4. 감사의 글

본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국원자력안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구사업의 연구결과입니다 (No. 1602014).

### 5. 참고문헌

- [1] Nancy L.Ranek, "Regulation of New Depleted Uranium Uses", Oak Ridge National Laboratory report (2002).
- [2] J. R. Hightower and J. R. Trabalk, "Depleted Uranium Storage and Disposal Trade Stude: Summary Report", Oak Ridge National Laboratory report (2000).
- [3] S. Doudou and E.J. Harvey, "Review of UK and Overseas Depleted, Natural and Low Enriched Uranium Management", Galson, Ltd report, 4-23 (2014).