

원자력발전소 방사성폐기물의 업사이클링

김학수*

한국수력원자력(주) 중앙연구원, 대전광역시 유성구 유성대로 1312번길 70

*hskim0071@khnp.co.kr

1. 서론

원자력발전소 운영 및 향후 해체과정에서 다양한 오염준위를 가지는 방사성폐기물이 발생하고 발생될 것으로 예상된다. 특히 원자력발전소 해체과정에서 발생하는 방사성폐기물은 운영폐기물에 비해 그 종류와 양이 상당할 것이다. 원자력발전소에서 발생하는 방사성폐기물은 일련의 처리공정을 거쳐 중·저준위 방사성폐기물 처분장에 처분하거나 또는 자체처분(매립, 소각 및 재활용)을 하고 있다. 본 논문에서는 최근 일반산업계에서 선호하고 있는 자원재순환 방안인 업사이클링(Upcycling)에 대해 살펴보고 원자력발전소에서의 방사성폐기물 처리관점에서 업사이클링 가능성에 대해 논의하고자 한다.

2. 본론

2.1 업사이클링 개념

오늘날 오염되어가는 지구 환경과 버려지는 무수한 자원의 문제에 있어 환경위기 극복을 위해 전세계가 노력을 경주하고 있다. 최근에는 자원의 단순한 재활용이나 재사용이 아닌 업사이클링의 개념으로까지 확대되어 전개하고 있다. 업사이클링이란 기존에 버려지는 제품을 단순히 재활용하는 차원을 넘어 디자인 또는 활용도를 가미하는 등 새로운 가치 창출을 통하여 새로운 제품으로 재탄생시키는 것이다. 즉 새로운 가치를 더해(Upgrade) 전혀 다른 제품으로 다시 생산하는 것(Recycling)을 말한다.

2.2 업사이클링 탄생 배경

업사이클링은 오염되어가는 지구 환경과 버려지는 무수한 자원의 문제에 관한 다양한 친환경적 관심에서부터 시작되었다고 할 수 있다. 환경문제에 대한 관심은 1990년대에 들어와 유엔환경개발회의에서의 리오 선언, OECD, ISO 등 국제기구들을 중심으로 국제적 환경규제에 대한 논의로 가시화되었고 이에 따라 선진국에서는 지구온난화, 온실가스의 위험, 자원고갈 현상 등 환경변화에 위급함을 인지하고 친환경정책을 수립하여 실행하고 있다.

또한 국내에서도 2008년 녹색성장을 국가의 성장 패러다임으로 선정하여 에너지 자립강화, 녹색기술 개발 및 육성 등 친환경정책을 통해 폐자원에 대한 재활용 활성화를 적극 추진하고 있다. 그러나 자원 재활용 활성화의 한계에 봉착하여 2010년에는 폐자원에 대해 가치상향적으로 재활용을 추구하는 새로운 자원 순환개념(C2C : Cradle to Cradle)인 업사이클링이 도입되어 일반산업계에서 활성화되고 있다.

2.3 일반산업계에서의 업사이클링

최초의 업사이클링 기업은 스위스에 있는 프라이탁(Freitag)이라는 기업으로 트럭 짐 위를 감싸고 있는 방수천을 이용하여 가방을 만든 것이 시초라 할 수 있다. 최근에는 폐방수천뿐만 아니라 폐현수막, 폐자전거 바퀴, 안전벨트 끈 등을 이용하여 다양한 업사이클링 제품을 생산하고 있다.



Fig. 1. Upcycling Product of Freitag.

미국의 경우, 2011년에 설립된 TerraCycle 기업에서 재활용이 힘든 쓰레기를 소재로 하여 고부가가치의 제품을 만들고 판매하여 자원 재순환에 기여하고 있다. 그 예로 다 마시고 난 빈 음료수 파우치를 이용한 배낭, 사탕 포장지를 사용한 연, 감자칩 과자 봉지를 사용해 음료나 음식을 장기간 보관할 수 있는 쿨러백 등이 있다.



Fig. 2. Upcycling Process and Product of TerraCycle.

2.4 원자력산업계에서의 업사이클링 및 가능성

○ 원자력산업계에서의 업사이클링 현황

원자력산업계에서 발생하는 방사성폐기물은 재활용(Recycling)을 통해 처리되고 있다. 해외 원자력산업계에서는 방사성 금속폐기물에 대한 무제한 방출(국내의 경우 자체처분)을 위해 많은 노력을 기울여 왔다. 특히 일부 원전 선진국에서는 용융기술을 이용하여 방사성 금속폐기물을 잉곳으로 만들어 보관하거나, 또는 처분 용기(Cask, Container 등)를 만들어 원자력산업계에서 재활용하고 있으나 업사이클링 사례는 전무하다 할 수 있다.



Fig. 3. Recycling Products of Nuclear Industry.

○ 원자력산업계에서의 업사이클링 가능성

앞에서 언급하였듯이 원자력발전소 해체과정에서 발생하는 방사성 금속폐기물들은 형상이 다양할 뿐만 아니라 성분도 Stainless steel, Carbon steel, Copper, Aluminium, Lead 및 희토류 등으로 다양하다. 또한 해체과정에서 발생하는 방사성폐기물은 대부분이 비오염 폐기물이거나 일부 제염 후 자체처분이 가능한 폐기물로 이들 폐기물들이 전체 해체폐기물의 약 95% 정도를 차지하는 것으로 알려져 있다.

자체처분이 가능한 방사성 금속폐기물을 단순히

보관용기나 처분용기로 만들어 재활용하는 것보다는 고부가가치를 창출할 수 있는 분야의 상품으로 생산하여 원자력산업계에서 활용한다면 원자력발전소 운영 및 해체과정에서 발생하는 방사성폐기물을 상당량 저감시킬 수 있으며 새로운 성장동력원으로 자리매김할 수 있을 것이다.

원자력산업계에서 방사성 금속폐기물 업사이클링을 통한 자원 재순환 상품으로는 사용후핵연료 처분 캐니스터, 약간 높은 준위의 방사성폐기물 처분용기, Overpack-reusable box for transport, MTR Fuel Cladding 등을 들 수 있으며 그 활용분야는 상당히 많을 것으로 예상된다. 또한 해외 원자력산업계에서는 사용하는 방법 중 방사성 금속폐기물을 용융하는 과정에 일정량의 비오염 금속류를 첨가해서 오염준위를 낮추는 방법에 착안하면 용융 과정에 다양한 재질을 추가하여 물성변화를 통해 더욱 가치가 있는 금속류를 제조할 수 있을 것이다. 이러한 관점에서 볼 때 업사이클링 가능성은 무궁무진하다 할 수 있다.

3. 결론

원자력발전소 운영 및 해체과정에서 방사성폐기물이 발생하며 특히 해체과정에서는 운영폐기물과 다르게 다양한 종류의 방사성폐기물이 대량 발생하게 된다. 이러한 방사성폐기물을 단순한 처리과정을 거쳐 처분하는 것보다는 C2C이행을 통한 자원 재순환 과정을 거쳐 고부가가치의 생산물로 거듭나게 할 수 있는 업사이클링이 필요하다. 해체폐기물 처리 전략에 업사이클링 기술을 반영할 수 있도록 해체폐기물 처리설비에 업사이클링 설비를 추가하게 된다면 해체비용 절감 및 새로운 가치를 창출할 수 있을 것이다.

4. 참고문헌

[1] William McDonough & Michael Braungart, "Upcycling: Saving the Planet by Design", Northpoint Press, (2013).
 [2] 한국수력원자력, "방사성 금속폐기물 처리 및 재활용 타당성 연구", 최종보고서, (2014).
 [3] OECD/NEA, "Recycling and Reuse of Scrap Metals", (1996).
 [3] Freitag website, "www.freitag.ch", (2015).
 [4] Terracycle website. "www.terracycle.com", (2015).