

## 원전 해체과정에서 발생하는 대형금속폐기물 처리방안 비교

김학수, 정성환, 박종길

한수원중앙연구원, 대전광역시 유성대로 1312번길 70

hskim007@khnp.co.kr

### 1. 서론

원자력발전소 해체과정에서 발생하는 폐기물의 대부분은 금속 및 콘크리트들이다. 금속폐기물중에는 원자로냉각재계통에서 발생하는 많은 대형 기기들이 있다. 그 중에서도 증기발생기, 가압기 및 열교환기 등의 대형 기기들을 해체과정에서 어떻게 처리 및 처분하느냐가 중요한 현안 사항이 될 것이다. 왜냐하면 이들 기기들은 원자로냉각재계통의 제거 전략을 수립하는데 있어서 매우 중요하게 다루어질 것이기 때문이다. 특히 무게 및 크기에서 제일 큰 증기발생기의 처리 및 처분 전략은 특히 중요하다. 국내 방사성폐기물 처분비를 고려한다면 증기발생기를 해체하는 과정에서 발생하는 폐기물의 드럼 처리는 해체비용에 상당한 부담을 주게 될 것이기 때문이다. 본 논문에서는 해체과정에서 발생하는 증기발생기의 처리현황을 살펴보고 국내 현실을 고려한 처리방안에 대하여 논의하기로 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 해체 증기발생기 처리 현황

원자력발전소의 증기발생기는 무게가 300 Ton 이상 되는 대형 금속기기이다. 해체과정에서 발생하는 증기발생기는 각 국가별 폐기물 처리 및 처분 정책에 따라 다양한 방법으로 처리하고 있다. 해체를 가장 많이 한 나라의 하나인 미국의 경우 해체과정에서 발생된 증기발생기를 다양한 방법으로 처리 및 처분하고 있다. 해체과정에서 발생한 증기발생기는 Barnwell 처분장에 그림 1과 같이 원형 그대로 처분하거나, EnergySolution사가 보유하고 있는 금속폐기물 용융설비를 이용하여 처리하고 High Energy Physics Lab.에서 사용하기 위한 차폐블럭 등을 만들어 재활용하고 있다. 독일의 경우 그림 2와 같이 원전해체과정에서 발생하는 대형기기인 원자로압력용기 및 증기발생기를 저장고를 만들어 장기 보관하여 방사능 준위를 낮춘 후에 다시 제염하여 처리하는 계획

(Pack and Wait)을 가지고 있으며 한편 해체 원전인 독일의 Stade 원전은 증기발생기를 스웨덴의 Studsvik Nclear AB사에 의뢰하여 용융처리하기도 하였다. 또한 Siempelkamp사는 CARLA라는 용융설비를 갖추고 원전해체과정에서 발생하는 금속폐기물을 용융처리하고 폐기물저장용기나 금속차폐 블럭 등을 만들어 원자력산업내에서 재활용하고 있다.

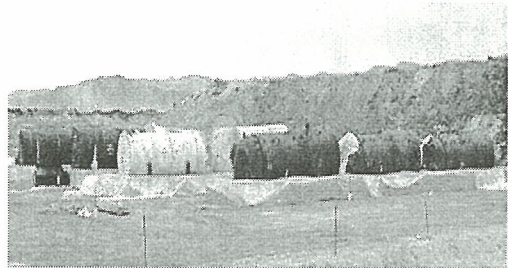


Fig. 1. Barnwell 처분장 (미국).

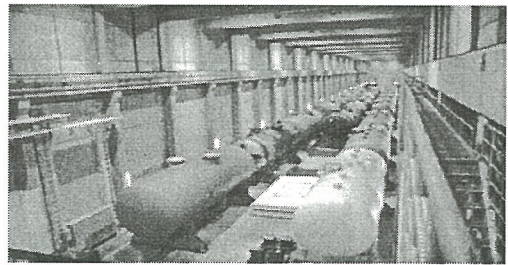


Fig. 2. 증기발생기 장기보관 (독일).

스웨덴의 경우 증기발생기 처리방안으로 처분장 폐쇄 시까지 원전 임시저장고에 보관 후 처분 시설 운영 통로에 처분하는 정책을 추진하였으나, Studsvik Nclear AB사가 1987년 금속폐기물 처리를 위한 용융설비를 구축(그림 3 참조)하여 원전 해체과정에서 발생하는 증기발생기 뿐만 아니라 열교환기, 터빈 모터 등도 처리하고 있다. 최근에는 캐나다 Bruce Power와 증기발생기 32개를 처리하는, 그리고 핀란드 TVO 원전의 열교환기를 처리하는 계약을 체결한 바 있다.

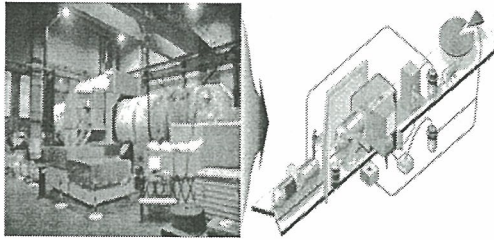


Fig. 3. 증기발생기 용융 처리 (스웨덴).

## 2.2 해체 증기발생기 처리 방안별 비교 분석

앞에서 보았듯이 해체과정에서 발생한 증기발생기는 각 국가별로 다양한 방법으로 처리 및 처분하고 있다. 다양한 준위의 방사성폐기물을 처분할 수 있는 처분장을 소유하고 있는 미국에서는 원형 그대로 처분장에 처분하고 있다. 또한 처분장 수용 여건이나 폐기물 관리 정책으로 독일과 같이 장기 보관하여 처리하는 경우도 있으며 증기발생기를 일련의 처리공정을 거쳐 감용 처리하는 방법도 있음을 확인하였다.

대형금속폐기물인 증기발생기를 처리하는 방법으로는 일괄처리, 절단 후 드럼처리 및 재활용 감용처리 등으로 구분할 수 있다.

일괄처리의 경우, 별도의 조치없이 처분할 수 있어 가장 경제적인 방법이라 할 수 있지만 처분장 수용여건을 고려한다면 실현 가능성이 매우 희박하다 할 수 있다.

절단 후 드럼처리의 경우, 국내 처분장으로 처분이 가능하지만 고비용의 처분단가, 수용여건을 고려한 제염 작업 그리고 드럼처리를 위한 절단 등의 일련의 공정작업이 소요되어 상당한 비용이 수반될 것이다. 국내 현실과는 다소 차이가 있지만 독일 MZFR(Multi-purpose Research Reactor) 원전 해체 증기발생기(55 Ton x 2대) 처리방안 검토에서도 비경제적이라는 것이 입증되었다.

대형금속폐기물인 증기발생기를 일련의 공정을 거쳐 처리하는 재활용 감용처리 방법은 폐기물 감용과 자원의 재활용이라는 커다란 이득을 가지고 있다. 스웨덴 Studsvik사의 자료에 따르면 증기발생기를 감용 처리할 경우 최대 90%까지 자원을 재활용할 수 있고 약 10%만이 폐기물로 처리되는 등 감용 효과가 매우 크다는 사실을 알 수 있다. 한편 재활용 설비를 해체부지에 설치하여 처리하는 방안과 외부에 설치하여 처리하는 방안에 대한 해외의 연구 결과에 따르면, 서로 많은 장단점이 있으나 해체공정에 미치는 영향, 전문처

리인력의 풍부한 경험, 최소 처리 인원 및 해체비용 저감 등의 많은 장점이 있어 소의 처리설비를 이용하여 해체과정에서 나오는 대형 금속폐기물의 처리를 권장하고 있다.

## 3. 결론

지금까지 원전 해체과정에서 발생하는 증기발생기를 처리하는 방안에 대하여 검토하였다. 국내 원전 해체는 2020년대 후반에 시작될 예정이며, 이에 따라 국내 중·저준위방사성폐기물 처분장 수용여건, 처분단가 등을 고려, 해체과정에서 발생하는 증기발생기와 같은 대형 금속폐기물을 어떻게 처리할 것인지에 대한 검토가 필요한 시점이라 할 수 있다. 처분장 수용여건이 개선된다면 미국과 같이 일괄처리방법이 가장 효율적이고 경제적이지만 또 다른 방안인 재활용 감용 처리는 해체사업의 성공적인 추진, 자원 재활용 및 해체비용 저감 측면에서 고려해 볼 만한 방안이라 할 수 있다. 따라서 대형금속폐기물 처리방안들(감용설비의 소내의 설치 운영을 포함하여)에 대한 다각적인 검토가 요구되며, 특히 재활용 감용 처리 방법은 원전 운영 중 노후설비 교체로 발생한 대형금속폐기물인 증기발생기, 열교환기 등을 처리하는데도 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

## 4. 참고 문헌

- [1] EnergySolutions, Bulk Waste Disposal and Treatment Facilities; Waste Acceptance Criteria, Rev 6.
- [2] Gregor Krause, Concepts for treatment and recycling of steam generators and other big components from operation and decommissioning of nuclear facilities, Studsvik Nuclear AB, International nuclear forum, 2007.
- [3] L. Valencia, Experience of decommissioning projects with on-site and off-site waste treatment, 2007 IAEA Conference, 2007.
- [4] KHNP, Decommissioning cost analysis for the Korean pressurized water nuclear power reactor, 2009.
- [5] TUV SUD, KHNP-TUV SUD 기술설명회 자료, 2011.