

「하나로」 액체 방사성 폐기물량 분석 및 저감 노력

김형욱, 최호영, 박주훈, 한재삼, 안국훈,
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동150번지
hwkim2@kaeri.re.kr

하나로는 시설 운영 중 발생하는 모든 액체 방사성 폐기물이 저준위 방사성 폐기물이 모이는 12톤 용량의 원자로실 배수조(Reactor Hall Sump)와 극저준위 폐기물이 모이는 3톤 용량의 핫샤워 배수조(Hot Shower Sump)에 분리·수집된다. 하나로 안전성분석보고서(SAR)와 운영기술지침서에 의하면 저준위 검출 상한치는 3.7×10^9 Bq/m³ 이고, 핫샤워 배수조의 극저준위 검출 상한치는 1.85×10^5 Bq/m³ 이다. 본 논문에는 하나로 운영·실험 등으로 발생하는 모든 액체 방사성 폐기물량 현황을 정리하고, 이에 따른 저감 대책 및 핫샤워 배수조의 삼중수소 관리 기준에 대해 기술하였다.

1. 개요

하나로 시설에서 발생하는 모든 액체 폐기물은 원자로실 배수조(Reactor Hall Sump)에 수집되며 방사능 농도를 측정·분석하여 그 결과에 따라 동위원소 건물에 있는 저장시설의 해당 준위에 맞는 저장조로 이송된다. 동위원소 건물로 이송된 폐기물이 저장탱크 용량의 80%에 이르면 이송장치를 통해 연구소내 액체 폐기물 처리부서로 이송된다.

원자로실 배수조의 액체 방사성 폐기물의 화학적 성분 분석은 분기에 1회 이상 또는 동위원소 건물로 이송하기 전에 수행하며, 핫샤워실 배수조(Hot Shower Sump)의 폐기물은 이송 직전에 분석한다.

원자로실 배수조에 수집되는 액체 방사성 폐기물의 주요 발생 원인은 아래와 같다.

- 1차 냉각계통 기계실에 있는 열교환기, 냉각펌프, 밸브류 등의 누수 및 보수 작업시
- 1차 정화계통 이온교환 수지 및 필터 교체 시 이온교환기와 필터 하우스 내부의 냉각수 배수 시
- 새 핵연료의 세척, 원자로 수조에 들어가는 실험 장비 및 구조물의 세척, 조사된 NTD(Neutron Transmutation Doping) ingot의 제염 시
- 실험 후 반출되는 각종 장비의 제염 작업이나 원자로실 청소 시

핫샤워 배수조의 액체 폐기물 발생 원인은 원자로 계통의 운전이나 유지 보수 작업 후 오염된 부위 제염, 세척에 사용된 물로 인한 것이다.

2. 연도별 액체 방사성 폐기물량 발생 현황 및 저감 조치

그림 2.1은 하나로 운영 중 발생한 연도별 액체 방사성 폐기물의 발생 현황이다. 1996년부터 2006년 8월까지 발생한 액체 방사성 폐기물의 총량은 358 m³이고, 이를 배수조 별로 분류하면 원자로 배수조가 319 m³이고, 핫 샤워 배수조가 39 m³이었다.

발생량 통계로부터 특이사항을 살펴보면, 원자로 배수조의 폐기물은 1995년 최초 임계에 도달한 이후 2년이 경과된 1997년부터 2000년까지 매년 약 20 %씩 감소하였다. 이는 원자로 운영이 안정되어 폐기물 발생을 초래하는 계통 보수 작업이 줄었고, 펌프 및 계통 작업으로 발생하는 폐기물을 작업수조로 회수하도록 조치하였기 때문으로 판단된다.

1997년에 발생한 액체 방사성 폐기물의 총 양은 55.5 m³이었다. 1996년에 비하여 폐기물이 증가한 요인은 1차 냉각 계통 열교환기 및 스트레이너의 분해 세척 작업을 수행했기 때문이다. 1997년부터 매년 20%씩 감소하던 원자로 배수조 폐기물량은 2001년에 38 m³로 증가하였다. 이는 수조 덮개 설치 작업 시 설비의 세척, 열교환기 전열관의 제염 작업 등으로 인하여 폐기물이 발생하였기 때문이다. 2003년도 원자로 배수조의 폐기물량은 48 m³으로 NTD 상업 서비스의 개시에 따른 실리콘 ingot 세척·제염 작업이 폐기물량 증가의 직접적인 원인이었다. 2004년도의 경우 전년 대비 원자로 배수조의 양이 감소한 이유는 NTD로 인하여 발생하는 액체 폐기물을 현저하게 감소시키는 조치를 수행하고, 원자로도 안정되게 운영되었기 때문이다. 2005년에는 하나로 시설 정기검사 및 물리적 방호인 보안문 설치 작업으로 약 5개월 동안 운전을 실시하지 못하여 원자로 계통 관련 작업이 줄어든 것이 폐기물의 감소요인으로 작용하였다.

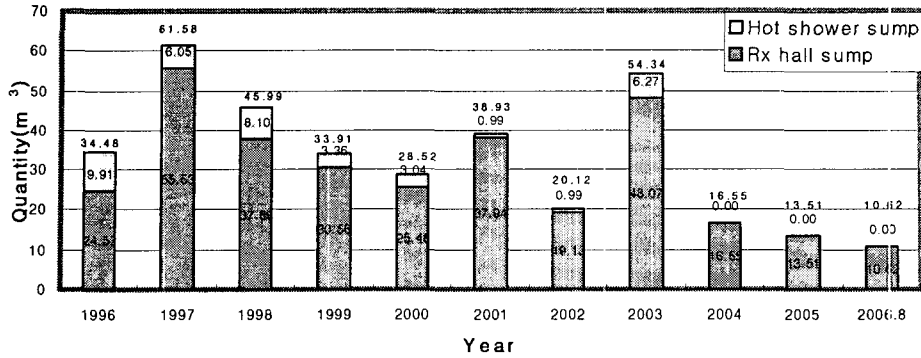


그림 2.1 연도별 액체 방사성 폐기물 발생 현황

핫샤워 배수조의 경우도 운전 횟수가 거듭될수록 폐기물량이 감소하고 있다. 하나로 운전 초기인 1996년에서 1998년 사이에 핫샤워 배수조 폐기물량이 증가한 이유는 원자로실내 1차 냉각 및 반사체 계통 작업 등 유지 보수 업무가 많아져서, 이로 인한 출입자의 제염 및 세척량이 늘어났기 때문이었다. 그 이후 폐기물 배출량이 서서히 감소하다가 2003년 NTD 설치 및 조사 작업 등의 이유로 작업자의 출입이 핫샤워 배수조 증가의 직접적인 원인이었다.

2003년 이후 핫샤워 배수조의 방출량이 없는 것은 2005년에 배수조의 성분 분석을 실시한 결과 삼중수소가 극저준위 저장조 상한치를 넘는 1.34×10^7 Bq/m³이 검출되어 직접 이송하지 못하고 원자로실 배수조로 이송하였기 때문이다. 하나로 SAR 및 운영기술 지침서에 의하면 핫샤워 배수조에서는 삼중 수소는 극저준위 검출 상한치 이하가 되어야 한다. 핫샤워 배수조 삼중수소 증가 원인은 반사체 냉각 계통의 유지 보수 작업 시 작업자는 얼음 물통이 달린 공기 호흡 장치를 착용하고 퇴실하면서 핫 샤워 배수조에 이를 배수하였다. 이로 인하여 배수조의 삼중수소 농도가 증가한 것으로 확인되어 중수 계통 작업시 사용한 얼음물은 반드시 원자로 배수조에 버리도록 조치하였다. 현재는 핫샤워 배수조를 정상 상태로 유지 관리하고 있다.

액체 방사성 폐기물을 저감하기 위해 열교환기, 펌프, 정화계통 수지 및 필터 등 계통 작업으로 발생하는 1차 냉각수를 원자로실 배수조로 수집하던 것을 작업수조로 회수하여 재사용토록 조치하였다. 그리고 NTD 실리콘 ingot 조사 전 세척은 원자로실내에서 순수를 사용하여 원자로실 배수조로 버렸던 것을 일반 관리구역에 세척실을 만들어 세척하였고, 실리콘 ingot를 조사 후 원자로실내에서 세척 할 때는 사용한 순수를 사용후 핵연료 저장조로 회수하여 폐기물 발생량을 줄였다.

3. 결론

액체 방사성 폐기물의 양을 줄이기 위해 열교환기, 펌프, 역지밸브의 보수 작업, 각종 정화계통 수지와 필터 교체 시 배출되는 1차 냉각수를 작업수조로 회수하였다. NTD 실리콘 ingot의 경우 실리콘 ingot 조사 전에는 일반 관리구역에 실리콘 세척실을 만들어 세척하고, 실리콘 ingot의 조사 후 제염 작업 시 사용한 세척물은 사용후 핵연료 저장조에 붓도록 하여 폐기물량을 줄였다. 그리고 원자력 고시(2002-23) 방사선 방호등에 관한 기준(별표 3)에 따르면 삼중수소가 혼합된 물의 경우 배출 관리 기준이 4×10^7 Bq/m³으로 기술되어 있는데, 현재 극저준위 탱크의 삼중수소 검출 상한치가 1.85×10^5 Bq/m³로 낮게 설정되어 있어 이를 조정할 예정이다.