

하나로의 방사성 폐기물 저감 대책에 대한 연구

강태진, 임인철, 최호영, 이번헌

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

하나로는 1995년 2월에 첫 임계(criticality)에 도달한 이후로 핵연료의 조사시험, 동위원소 생산, 중성자 빔을 이용한 연구, 중성자 방사화 분석 등에 활용되고 있다. 하나로에서 발생하는 폐기물은 성상에 따라 기체, 액체, 고체 폐기물로 분류되며, 모두 극저준위 폐기물이다. 고체 폐기물은 방문자 및 종사자들이 원자로실에 출입하여 업무 수행 과정에서 발생하며, 액체 폐기물은 계통의 누설, 보수 작업, 실험 장비 등의 세척으로 발생한다. 또한 기체 폐기물은 하나로 운전 시 실험 시설에서의 공기 방사화로 인하여 발생되거나 1차 냉각재 내의 방사화된 물질, 원자로 노심 구조물로부터 유리되어 발생된다.

본 논문에서는 하나로 원자로 구역에서 발생된 고체, 액체 폐기물의 발생 저감 대책과 원자로실 및 RCI에서 굴뚝을 통해 환경으로 방출된 배출 공기 중 방사성 가스 농도를 저감하기 위하여 취한 조치와 그 효과를 기술하였다.

고체 폐기물은 작업자와 방문자가 사용했던 작업복, 휴지, 덧신, 장갑, 폐부품 등의 가연성 폐기물과 수조수 정화 계통에서 배출되는 폐수지, 폐필터 및 계통 또는 기기의 작업 후 발생하는 철제류 등의 비가연성 폐기물로 분류된다. 폐기물 저감을 위하여 그림 1과 같은 폐수지 건조장치를 개발하여 정화계통에서 발생한 폐수지에 포함된 수분을 건조장치에서 건조시킴으로써 폐수지의 부피를 약 40% 감소시켰다. 추가로 일반 방문객의 원자로실 입실 금지에 따른 덧신 사용량 감소와 작업자들이 작업 시 꼭 필요한 물건만 가지고 들어가기 등의 폐기물 저감 노력이 있었다. 액체 폐기물은 원자로실 출입자가 출입 후 오염 또는 오염 발생 가능부분의 세척 시 발생하는 hot shower sump 폐기물과 수조상부 세척실에서 수조에 들어가는 실험 장비 및 구조물 등을 세척하고 발생하는 reactor sump 폐기물로 분류된다. 원자로실에서 수행하는 보수작업 또는 실험의 작업 공정(세척 및 배수)을 개선하여 폐기물 발생을 저감하였는데 첫째, 열 교환기 또는 펌프 점검 및 보수, 체크 밸브의 상태 점검 시에 배출되는 1차 냉각수는 작업수조로 되돌려 보낼 수 있도록 조치 후 작업을 수행, 둘째, 정화계통 수지 및 필터 교체 시 배수되는 물을 최소화하기 위해서 격리 밸브의 누수를 차단, 셋째, 핵연료 이동용 캐스크의 제염작업은 작업수조에서 실시함으로써 폐기물 발생을 저감하였다.

기체 방사성폐기물은 원자로실, RCI(Reactor Concreate Island)의 관리시설에서 발생하는 입자, 옥소, 불활성 기체로서 허용농도 제한치 이내에서 배기설비를 통해 환경으로 방출된다. 이에 대한 저감대책으로 실험시설 중 하나인 PTS(Pneumatic Transfer System: 공압이송장치) 계통에서 방사화된 공기의 일부가 원자로실로 누설되어 Ar-41의 농도를 증가시키므로 Ar-41 농도를 줄이기 위해 조사관으로써 기능을 상실한 PTS-2/3 조사관의 원자로 수조 유입 배관을 격리하였다. 격리

후 3일 동안 원자로를 운전하면서 원자로실에서 배출되는 공기중 Ar-41의 농도를 측정된 결과 Ar-41의 농도가 평균 $2.37 \times 10^{-5} \mu\text{Ci/cc}$ 에서 $5.03 \times 10^{-6} \mu\text{Ci/cc}$ 로 감소한 것을 확인하였다(그림 2). PTS 조사관의 누설 부위를 봉합하고, 조사관으로 소량의 질소가스를 연속적으로 공급하여 공기의 방사화를 줄이는 실험을 하였다. 이 결과 질소 공급시 원자로실에서 배출되는 공기중 Ar-41 농도의 평균치는 $8.87 \times 10^{-7} \mu\text{Ci/cc}$ 로 운전 중에 질소를 공급하지 않으면서 측정된 평균값 $8.92 \times 10^{-6} \mu\text{Ci/cc}$ 에 비해 1/10 수준으로 감소하였다(그림 3).

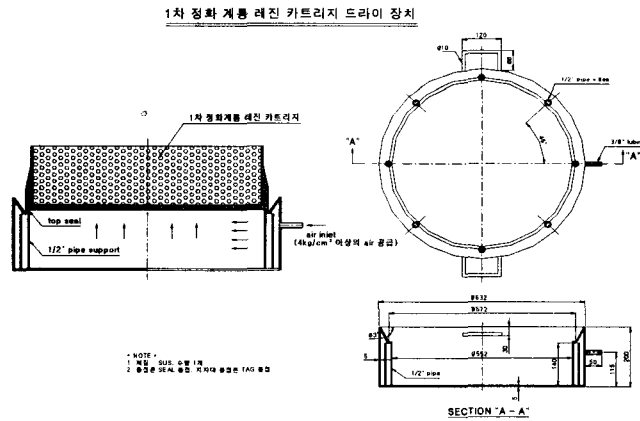


그림 1. 폐수지 건조장치 도면

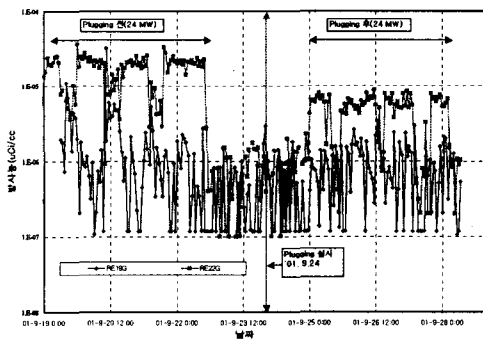


그림 2. NAA의 plugging 전, 후 Ar-41의 변화량

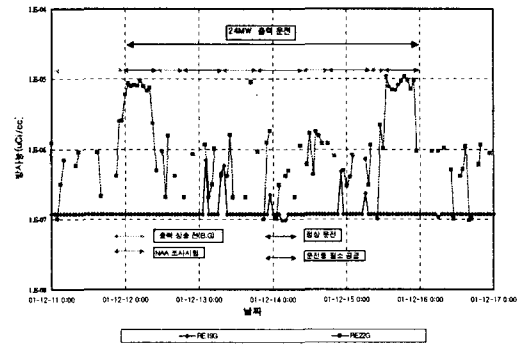


그림 3. NAA 계통에 질소를 연속 공급한 효과