

하나로에서 기체 방사성 폐기물 발생 현황 분석

An Analysys on the Gaseous Radioactive Waste Occurrence Present Condition in HANARO

최호영, 황승렬, 강태진, 이 문
한국원자력연구소

요 약

하나로의 출력 운전 이후 1996년부터 2002년까지 하나로에서 발생한 기체 방사성 폐기물의 양을 종류별로 정리하였다. 이 기간 동안 원자로실 및 RCI 굴뚝을 통해 환경으로 방출된 기체 방사성 폐기물은 Ar-41이 $6.33E13$ Bq, H-3이 $5.10E12$ Bq, I-131이 $3.26E8$ Bq 이었다.

Abstract

The quantity of the gaseous radioactive waste generated from HANARO operation for the years from 1996 to 2002 has been investigated. The amounts of Ar-41, H-3 and I-131 exhausted to the environment were $6.33E13$ Bq, $5.10E12$ Bq and $3.26E8$ Bq, respectively.

1. 서 론

방사성 폐기물이라 함은 방사성 물질 또는 그에 의하여 오염된 물질로서 폐기의 대상이 되는 물질을 말하며, 방사능이 높고 낮음에 따라 고준위, 중준위 및 저준위 폐기물로 분류한다. 또한 성상에 따라 기체, 액체, 고체 폐기물로 분류되는데 하나로에서 발생하는 방사성 폐기물은 대부분 저준위 또는 극저준위 폐기물이다. 기체 폐기물은 원자로실, RCI(Reactor Concreate Island)의 관리 시설에서 발생하는 입자, 옥소, 불활성 기체로서 허용농도 제한치 이내에서 배기 설비를 통해 환경으로 방출된다[1].

본 논문에서는 1996년부터 2002년까지 하나로 원자로실 및 RCI에서 굴뚝을 통해 환경으로 방출 현황을 기술하였다.

2. 본 론

2.1 하나로의 기체 폐기물

하나로 원자로 건물은 준 격납용기(Confinement)로서 평상시에 외부 공기의 유입과 유출이 있다. 기체 폐기물은 하나로 운전 시 원자로 노심 구조물 등에서 유리되거나 1차 냉각재 내의 방사

화된 물질 등이 수조를 통해서 원자로실 공기 중으로 방출된다. 그리고 원자로실 내에 있는 이용 시설로는 빔 포트를 이용하는 중성자 실험시설, 시료의 중성자 조사를 위한 수직 조사공, 공기가 송장치 및 수력이송장치가 있다. 이를 운영 및 이용하는 과정에서 기체 방사성 폐기물이 발생된다. 이렇게 발생된 방사성 입자, 가스, 삼중 수소 등은 RCI내에 존재하는 방사성 물질과 함께 배기 설비를 통하여 공기 여과장치를 거친 후 굴뚝을 통해서 환경으로 방출된다[2].

그림 1은 원자로실과 RCI에서 발생한 기체 폐기물의 배출 경로를 보여 주고 있다.

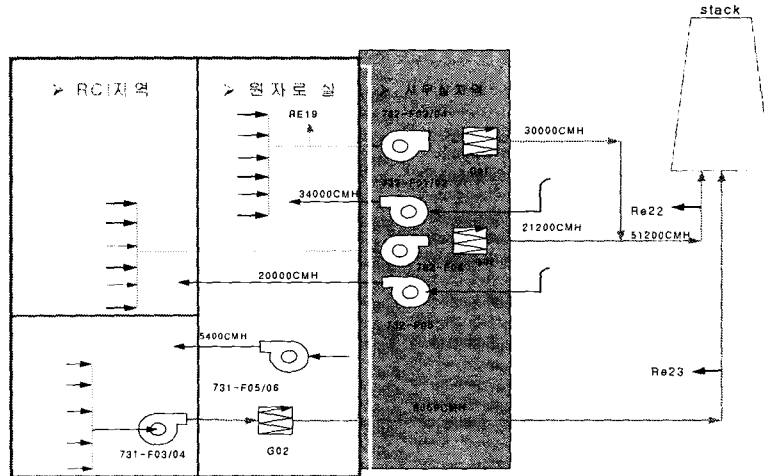


그림 1. 원자로 건물의 환기 계통 개략도

2.2 연도별 기체 폐기물 발생 현황

하나로에서 발생하는 기체 폐기물의 주 핵종은 Ar-41, H-3, I-131이다. 발생된 방사성물질은 배기에 대한 허용농도 제한치 이내에서 굴뚝을 통해 환경으로 방출된다. 1996년부터 2002년까지 하나로에서 발생한 기체 폐기물 발생량은 Ar-41이 6.33E13 Bq, H-3이 5.10E12 Bq, I-131이 3.26E8 Bq 이었다. 그림 2는 원자로실, RCI에서 발생한 기체 폐기물의 연도별 방출량 및 출력량을 나타내었다. 1998년 이후 2000년까지 원자로실의 Ar-41 배출량이 증가한 것은 방사화 분석을 위한 공기압이송장치의 누설이 있었기 때문이며, 누설 부위를 봉합하고 질소가스를 공급하기 시작한 2001년 이후 Ar-41은 감소 추세를 나타내고 있다. 2002년에는 허용 범위 이내지만 I-131 발생량이 전년 보다 증가한 이유는 원자로에 TeO₂를 조사하여 동위원소를 생산하는 과정에서 I-131이 누설된 것으로 추측하고 있다. 그리고 H-3는 매년 조금씩 증가하는 경향을 보이는데 이는 출력량의 증가에 따른 것으로 추정되나 또 다른 원인도 분석중에 있다.

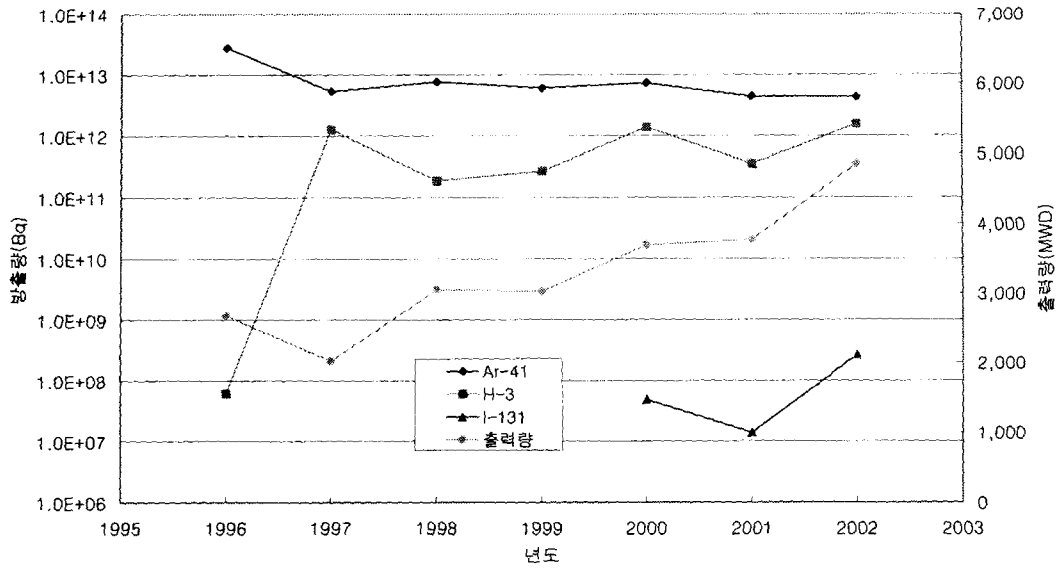


그림 2. 년도별 기체 폐기물 방출량 및 출력량

그림 3, 4, 5는 원자로실과 RCI의 년도별 기체 방사성 폐기물량의 구성비를 나타내고 있다. Ar-41의 구성비를 보면 RCI보다 원자로실이 약 80%를 차지하고 있다. 그리고 H-3와 I-131의 구성비를 보면 RCI의 비율이 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 이는 원자로 운전 일수와 출력량의 증가와 동위원소 생산 증가에 따른 것으로 판단된다.

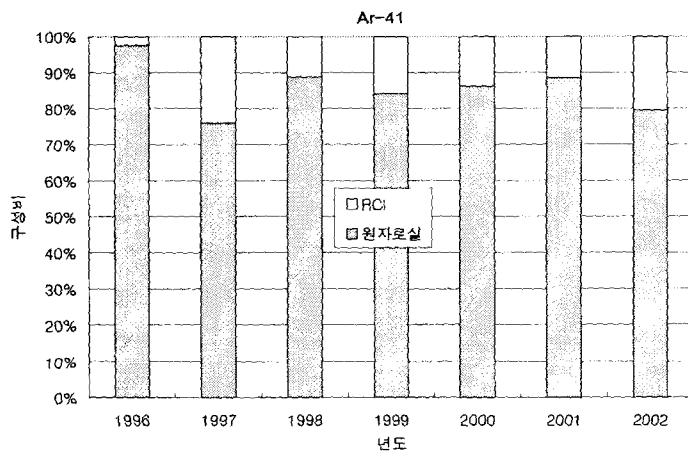


그림 3. Ar-41의 원자로실과 RCI 구성비

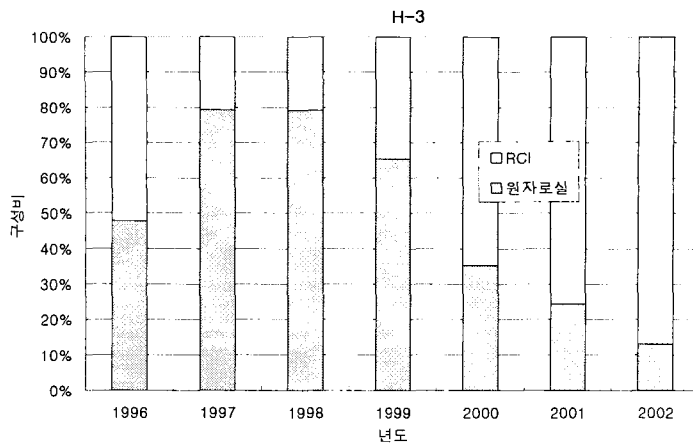


그림 4. H-3의 원자로실과 RCI 구성비

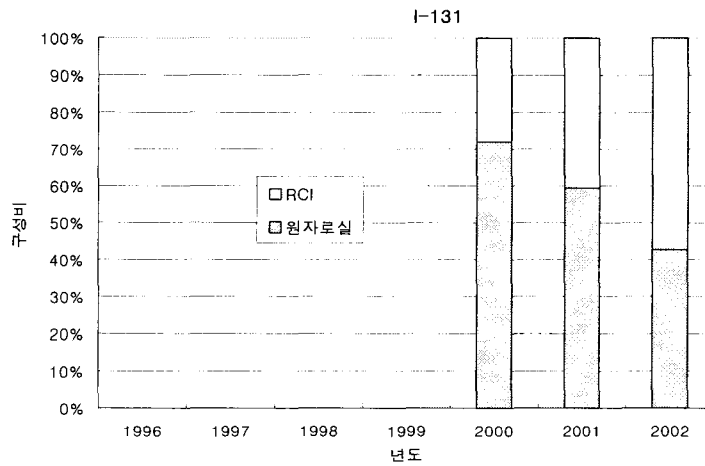


그림 5. I-131의 원자로실과 RCI 구성비

2.3 기체 폐기물 저감 노력

1) 수조 고온층 계통 설치

원자로 수조에서 발생하는 기체 폐기물은 1차 냉각재에 녹아 있는 이물질 또는 공기가 노심의 핵분열 과정에서 방사화되고, 냉각수와 함께 수조 상부로 올라와 원자로실의 공기중으로 방출된다. 방사화된 냉각수가 수조 상부로 올라오는 것을 방지하기 위하여 수조 고온층 계통을 설치하였다.

2) PTS 조사관의 누설부 봉합 및 질소 가스 주입

2000년 실험시설 중 하나인 공압이송장치(PTS) 계통에서 방사화된 공기의 일부가 원자로실로 누설되어 Ar-41의 농도를 증가시키고 있음을 알게 되었다. Ar-41 농도를 줄이기 위해 조사관으로써 기능을 상실한 PTS-2/3 조사관의 원자로 수조 유출입 배관을 격리하고 누설 부위를 보수하였다. 격리작업과 누설부를 봉합한 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 6).

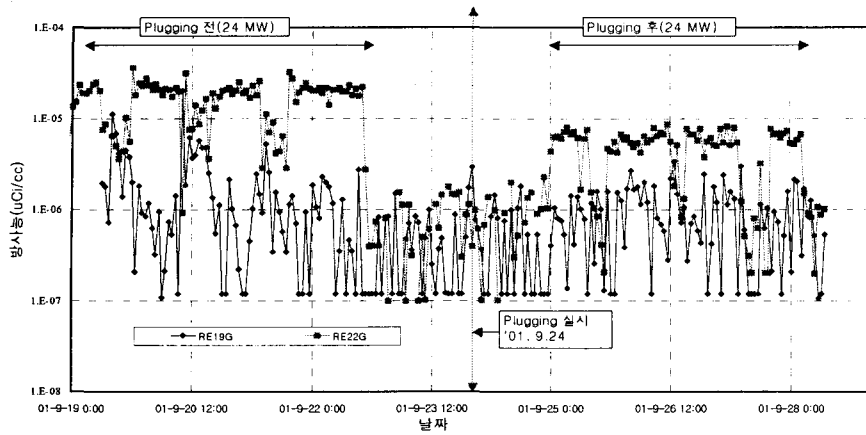


그림 4. NAA의 plugging 전후 Ar-41의 변화량

다음 단계로 PTS 조사관에 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 측정한 평균값 $8.92 \times 10^{-6} \mu\text{Ci/cc}$ 에 비해 1/10 수준으로 감소하였다(그림 7).

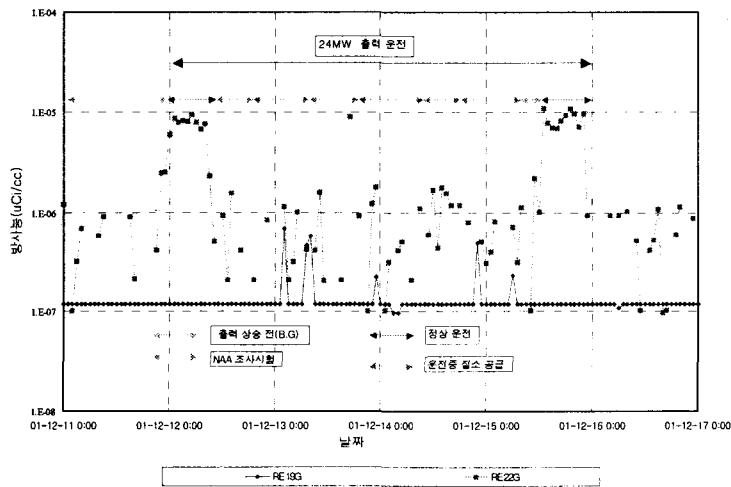


그림 5. NAA 계통에 질소를 연속 공급한 효과

5. 결 론

하나로의 출력운전이 시작된 이후 1996년부터 2002년까지 하나로에서 발생한 기체 방사성 폐기물은 Ar-41은 6.33×10^{13} Bq, H-3은 5.10×10^{12} Bq, I-131은 3.26×10^8 Bq이 발생하였다. 이를 감소시키

기 위해 수조 고온층 계통을 설치하여 노심의 방사화된 냉각수가 수조 상부로 올라오는 것을 억제하였다. 방사화 분석 조사 실험 시설인 공압이송장치(PTS) 조사관의 누설부를 봉합하고 조사관으로 소량의 질소 가스를 연속적으로 공급하여 Ar-41의 발생을 저감시켰다.

감사의 글

본 연구는 정부의 출연금에 의한 기관 고유 사업으로 수행되었기에 감사의 뜻을 표한다

참 고 문 헌

- [1] 강태진 외, “하나로에서 PTS 사용에 따른 기체방사성 폐기물 발생량 저감에 대한 연구”, 한국원자력학회 2002년 춘계학술발표논문집, 2002. 5.
- [2] “2002년 하나로 운영”, 한국원자력연구소, KAERI/MR-395/2002
- [3] “방사선안전관리“, 한국원자력연구소,KAERI/MT-390/2002
- [4] 대덕원자력관련시설의 운영중 방사선환경영향평가, KAERI/CR-149/02, 한국원자력연구소