

## 하나로의 고체 폐기물 발생 현황

### The solid waste production status in HANARO

강태진, 황승렬, 최호영, 이 문  
한국원자력연구소

#### 요 약

하나로의 출력 운전이 시작된 1996년 이후 2002년까지 발생하였던 고체 폐기물의 양을 정리하고 원자로 출력량과의 상관 관계를 비교하였다. 이 기간동안 발생한 폐기물량 및 처리 비용은 각각 69,598 ℓ, 1,878만원이었으며 출력량 대비 폐기물 발생량 및 처리 비용은 각각 3.01 ℓ/MWD, 811원/MWD이다. 또한 폐수지의 부피를 줄이기 위해 수지건조장치를 개발하여 폐수지의 양을 약 40% 감소시켰다.

#### Abstract

The quantity of solid waste produced during HANARO operation for the years from 1996 to 2002 has been investigated and the interrelation with the reactor power output has been analysed. The waste amount produced during this period was 69,599 ℓ and the processing expense was 1,878,000 won. The waste amount and processing expense per reactor power output are 3.01 ℓ/MWD and 811 won/MWD, respectively. A dry equipment for the spent resin was developed and the spent resin volume has been reduced by about 40% by using it.

#### 1. 서 론

하나로시설은 하나로 본체와 부속 실험시설로 구성되어 있으며 이를 운영 및 이용하는 과정에서 방사성폐기물이 발생된다. 하나로에서 발생하는 방사성 폐기물은 대부분 저준위 또는 극저준위 폐기물이다. 고체 폐기물은 작업자와 방문자가 사용했던 작업복, 휴지, 덧신, 장갑, 폐부품 등의 가연성과 수조수 정화 계통에서 배출되는 폐수지, 폐필터 및 계통 또는 기기의 작업 후 발생하는 철제류 등의 비가연성으로 분류된다.

본 논문에서는 1996년부터 2002년까지 하나로 원자로실에서 발생한 고체 폐기물의 발생량, 처리비용 및 원자로 출력량과의 관계를 비교하고 폐기물 발생 저감을 위하여 조치된 내용을 기술하였다.

#### 2. 고체 폐기물 발생원

하나로 원자로실에는 하나로 본체와 이용시설이 있다. 원자로실 내에 있는 이용시설로는 빔 포트를 이용하는 중성자 실험시설, 시료의 중성자 조사를 위한 수직조사공, 중성자 방사화 분석을

위한 공기이송장치 및 수력이송장치가 있다. 이러한 장치들의 운영 및 이용 과정에서 방사성 폐기물이 발생되며, 하나로의 운전 및 보수, 실험시설 이용자들의 원자로실 작업, 실험 등의 업무 수행 과정에서 발생된다.

가연성 폐기물은 작업자 및 실험자의 작업복, 신발, 덧신과 작업 후 부산물로 발생하는 비닐, 휴지, 호스, 장갑, 고무장갑, 실끈, 플라스틱 류 등이 있다. 비가연성 폐기물은 하나로 시설과 계통의 수리 및 보수 작업 후 발생하는 파이프 조각 등 철제류와 이용 부서에서 실험 설비 및 기기들의 설치 후 발생하는 쓰레기 중 오염된 전선, 석면, 편사호스 등 각종 작업 부산물과 시료의 중성자 조사 후 발생하는 와이어 등이 있다. 폐수지 및 폐필터는 1차 냉각수 및 사용후 저장조 냉각수의 수지 및 필터 교체 작업 후 발생하는 폐수지와 폐필터, 환기계통에서 배출되는 HEPA, Medium, Charcoal등의 공기 필터 등이 있다.

### 3. 연도별 폐기물 발생 현황

표 1에 1996년(1995년 2월 임계 이후 시운전 분 포함)부터 2002까지 하나로에서 발생한 폐기물 발생량을 가연성, 비가연성, 폐공기 필터 및, 폐수지 별로 분류하였으며 총 폐기물량은 69,598ℓ로, 1 MWD 당 3.01ℓ가 발생되었으며 이를 그림 1에 나타내었다. 폐기물 관리 부서로 이송한 폐기물량은 60,600ℓ(349 드럼)로 처리비용은 1,878만원, 1 MWD 당 811원이 지출되었다(표 2). 그림 2는 발생한 폐기물의 총구성비로, 가연성 폐기물이 58%, 비가연성이 5%, 폐공기 필터가 20%, 폐수지가 17%를 차지하고 있다. 그림 3은 발생한 폐기물의 연도별 구성비율이며, 96년에는 폐수지가, 97년에 이후에는 가연성 폐기물이 대부분을 차지하고 있다. 그림 4는 연도별 발생 증감율을 나타낸 그림으로 1996년도 폐수지 증가는 원자로 시운전 과정에서 수조 및 1차 계통의 이물질 흡착 등으로 수지 교체가 많았기 때문이며 1995년도의 발생분이 포함되어 있기 때문이다. 1999년도에 가연성 폐기물이 증가한 이유는 BNCT(boron neutroncapture therapy) 조사시설 설치와 원자로실 바닥 확장 공사, 열 교환기 전열판 교체 작업과 하나로 시설 정기 검사로 시설 및 계통의 점검이 있었고 또한 원자로실 방문객이 늘어 덧신 사용량이 많았기 때문이다. 2001년도는 BNCT 차폐체, 원자로 수조 덮개 등의 설치 작업등으로 가연성 폐기물이 증가하였다. 또한 2002년도 폐수지 발생량이 증가한 이유는 원자로 출력 일수 증가 및 출력 상승 등 수지 교체 주기가 짧아진 것이 원인이다. 이외에 가연성 폐기물이 급감한 것은 9.11 테러 이후 이의 영향으로 방문객의 원자로실 입실이 금지됨에 따라 덧신의 사용이 급감하였기 때문이다. 가연성 및 비가연성은 이용시설의 설치가 일단락 되었고 작업 종사자의 저감 노력으로 점차 감소되고 있다.

표 1. 연도별 고체 폐기물 발생 현황

연도	가연성 (ℓ)	비가연성 (ℓ)	폐공기필터 (ℓ)	폐수지 (ℓ)	계 (ℓ)	출력량 (MWD)	발생량/출력량 (ℓ/MWD)
1996	2,526	833	2,787	5,383	11,530	2,688	4.29
1997	7,143	280	1,546	1,653	10,621	2,036	5.22
1998	5,833	280	1,580	1,027	8,720	3,062	2.85
1999	7,582	307	2,395	585	10,870	3,042	3.57
2000	5,190	387	2,449	968	8,995	3,699	2.43
2001	8,551	495	1,726	1,010	11,782	3,771	3.12
2002	3,352	961	1,568	1,201	7,081	4,853	1.46
계	40,177	3,542	14,053	11,827	69,598	23,151	3.01

표 2. 연도별 고체 폐기물 이송 현황

연도	가연성 (ℓ)	비가연성 (ℓ)	폐공기 필터(ℓ)	폐수지 (ℓ)	계 (ℓ)	계 (드럼)	처리 비용(원)	처리비용/출력량 (원/MWD)
1996	1,400	800	2,400	4,000	8,600	55	2,666,000	992
1997	7,400		1,600	2,800	11,800	67	3,658,000	1,797
1998	5,400			1,200	6,600	33	2,046,000	668
1999	7,400	800	2,000	400	10,600	53	3,286,000	1,080
2000	4,200				4,200	21	1,302,000	352
2001	10,400	800	5,200		16,400	108	5,084,000	1,348
2002	2,400				2,400	12	744,000	153
계	38,600	2,400	11,200	8,400	60,600	349	18,786,000	811

#### 4. 출력량 대비 폐기물 발생량 검토

1995년 2월 임계이후 하나로에서 발생한 폐기물량과 출력량의 상관 관계를 검토하였다(그림 5). 출력 1 MWD당 발생한 폐기물량은 3.01 ℓ 이다. 1997년도 출력량 별 폐기물 발생량이 5.22 ℓ 로 높은 것은 원자로 정기검사와 정기적인 핵연료 정기검사로 출력량이 전년도보다 약 20% 감소하였으나, 오히려 고체 폐기물은 원자로실 천정 보수작업으로 인하여 증가하였기 때문이다. 이후 폐기물량은 전체적으로 매년 감소 추세에 있으나 폐수지 및 공기필터의 배출량은 원자로 운전 일수 및 출력량의 증가에 따라 점진적으로 증가하고 있는 추세이다. 아울러 가연성 폐기물도 원자로 운전시간과 방문객의 수와 비례하여 증가하고 있다. 폐수지에는 약 55% 이상의 수분이 포함되어 있으므로 이를 조절하면 체적을 감소시킬 수 있다. 그리고 폐수지를 폐기물 보관 장소로 이송하기 전에는 습기 제거가 기본 요건중의 하나이다. 이에 따라 폐수지 건조장치를 개발하여 부피를 약 40% 감소시켰다(그림 6).

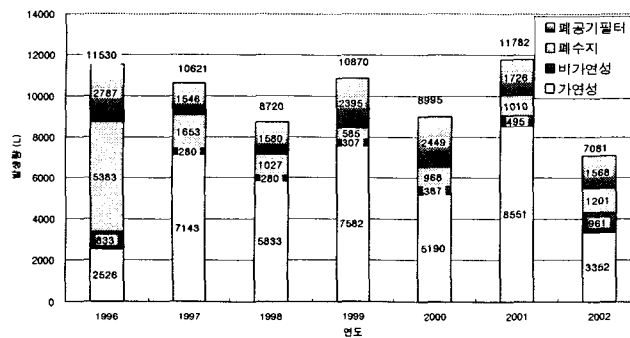


그림 1. 연도별 고체 폐기물 발생량

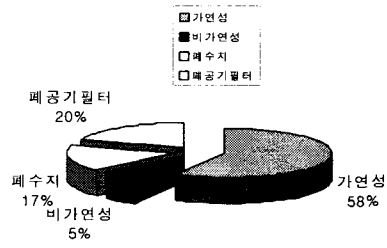


그림 2. 폐기물 총 구성 비율

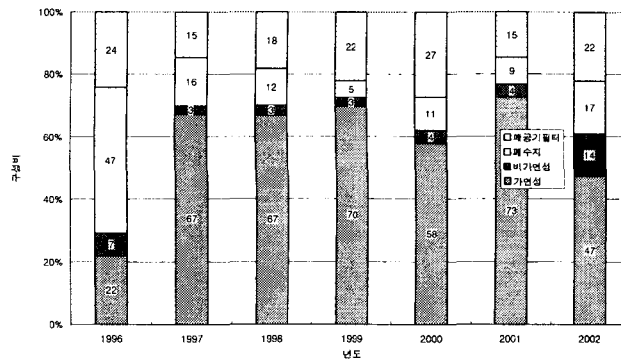


그림 3. 연도별 고체 폐기물 구성 비율

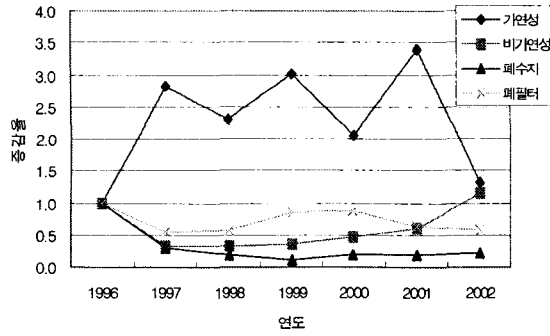


그림 4. 연도별 증감율

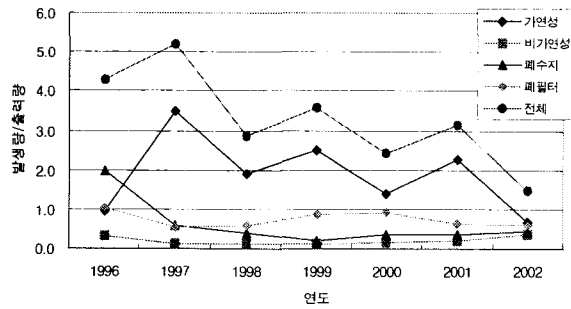


그림 5. 출력량 대비 발생량

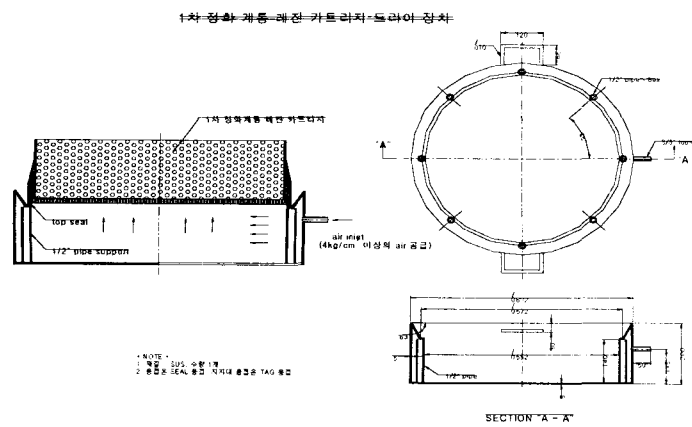


그림 6. 폐수지 건조장치 도면

## 5. 결 론

하나로의 출력운전이 시작된 이후 1996년부터 2002까지 하나로에서 발생한 폐기물 및 처리 비용은 각각 69,598 ℓ, 1,878만원이다. 또한 원자로 출력 1 MWD 당 발생량 및 처리 비용은 3.01 ℓ, 811원이었다. 또한 폐수지의 부피를 줄이기 위해 수지건조장치를 개발하여 폐수지의 양을 약 40% 감소시켰다.

## 감사의 글

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

## 참 고 문 헌

- [1] 하나로 운영기술지침서, KAERI/TR-708/96, 한국원자력연구소
- [2] 하나로 안전성 분석보고서, KAERI/TR-710/96, 한국원자력연구소
- [3] "2002년 하나로 운영", 한국원자력연구소, KAERI/MR-395/2002