

# 폐기물 부피감용 장치 개발

■ 문성인 / 한국원자력연구원, simoon21c@kaeri.re.kr

방사성폐기물(Radioactive Waste)이란 방사성핵종이 규정치 농도 이상 함유되어 있거나 방사성핵종에 오염된 물질로서 재사용하지 않고 폐기시키게 된다. 이는 전력생산을 위한 원자력발전소 및 관련시설 또는 방사성동위원소를 이용하는 병원, 연구기관, 산업체 등에서 원자력을 이용하는 과정에서 발생한다.

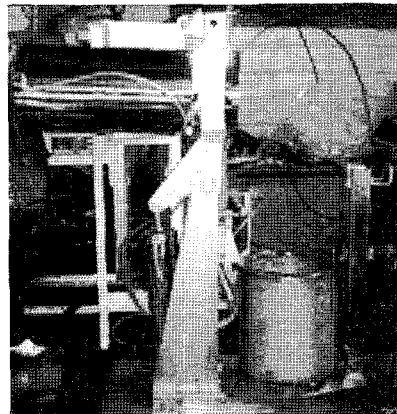
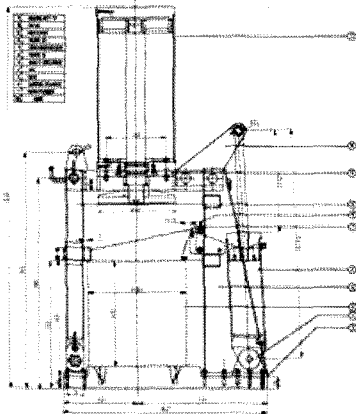
파이로 시설인 파이로 Mock-up 시설의 공정처리과정에서도 방사성폐기물이 발생하게 되며, 방사성폐기물의 부피감용을 통해 파이로 시설의 효율성을 보다 높일 수 있다. 따라서 셀 폐기물 부피감용을 위해 먼저 부피감용이 가능한 폐기물을 검토한 후, 정기적으로 교체해야 하는 셀 필터와 작업자의 일회용 의복 등과 같은 압축성폐기물의 부피를 줄이는 장치들을 개발하였다. 두 경우 모두 기계적으로 부피감용이 용이하고, 큰 부피감용의 효과를 기대할 수 있다. 폐필터 압축장치는 셀에 설치된 원통형 필터의 반출시 방사성폐기물의 부피를 최소화하기 위해 공압 실린더로 압축하는 장치이다.

한편, 시설 운영 중에 발생하는 가연성 폐기물의 경우 대부분 작업자가 사용한 천, 비닐, 종이 등의 압축성 폐기물로 이루어진다. 이들 폐기물의 부피감용을 위해 기계적으로 압축하는 일반적인 방식을 고려할 수 있으나 폐기물의 탄성복원 현상으로 인해 큰 효율성을 기대하기 힘들다. 따라서 압축성 폐기물을 비닐 진공팩에 넣고 진공을 걸어 부피를 감용시키는 진공압축장치를 설계·제작하였다.

이 글에서는 파이로 시설에서 발생 가능한 폐기물의 효율적 처리를 위해 개발한 폐필터 압축장치와 압축성폐기물 진공압축 장치 개발에 대한 내용을 기술하였다.

## 폐필터 압축장치 설계 및 제작

셀에는 원통형의 셀 필터가 설치되어 있다. 이 필터는 필터 매디아 자체가 방사성 기체폐기물의 흡착성을 극대화하기 위해 단면적을 크게 한 다공성 재질이기 때문에 폐필터를 그대로 방사성폐기물로 처리하는 것은 방사성폐기물 발생량을 증대시



[그림 1] 폐필터 압축장치 설계도 및 제작품

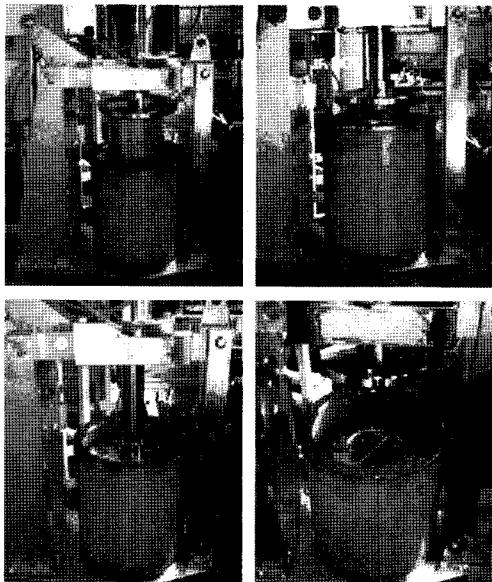
키기 때문에 부피를 최대한 압축하여 폐기물을 최소화 시켜야 한다.

### 폐필터 압축장치 설계

폐필터 압축장치는 셀 내부에 설치되는 압축장치 본체와 작업구역에 설치되는 공기압축기와 운전장치로 구성되며, 셀 내외부는 압축공기 라인으로 연결된다. 셀 내부의 압축장치 본체는 크게 필터를 압축하는 압축실린더와 압축기 헤드를 포함한 필터 압축부, 필터 압축부를 개폐하는 개폐 구동부, 폐기물운반용 바스켓을 안착시키는 받침대와 프레임으로 이루어진다. 이 장치는 셀 내부에 설치되는 장치이므로 셀 내에서 설치 및 사용이 용이하도록 구동은 압축공기를 사용하는 공압실린더들로 설계되었으며, 장치 본체의 모든 구성품은 STS304 스테인레스강 재질로 설계하였다. 그림 1은 폐필터 압축장치 본체의 설계도와 제작품을 나타낸다.

### 폐필터 압축장치 성능시험

성능시험 전에 치수검사, 용접부 검사 등과 같은 기본적인 검사를 수행하여 이상이 없음을 확인하



[그림 2] 필터 압축시험 과정

였고, 필터에 대한 압축시험을 수행하였다. 그림 2는 필터를 바스켓에 넣고 압축하는 모습을 순서대로 보여주고 있다. 필터는 외경 245 mm, 길이 380 mm인 원통형 구조로 되어 있고, 바스켓 또한 원통형 구조로 내부 깊이는 403 mm이다. 따라서 바스켓 안에는 압축하지 않은 필터 한 개만이 들어갈 수 있다. 본 압축시험에서는 바스켓 내부에 필터를 넣고 압축한 후, 바스켓 내부의 압축된 필터 위에 다른 필터를 올려놓고 다시 압축을 수행하였다. 이런 순서로 필터들을 차례대로 압축하여 바스켓 내부가 압축된 필터들로 가득 채워질 때까지 압축시험을 수행하였다. 압축시험의 끝난 후 그림 3과 같이 압축된 필터를 바스켓에서 꺼내어 높이를 측정하였다.

압축된 필터의 높이는 평균 83 mm로서 내부 깊이가 403 mm인 바스켓에 4개의 압축된 필터를 담을 수 있었다. 또한 압축된 폐필터가 삽입되고 남은 공간은 다른 폐기물을 담을 수 있기 때문에 폐기물 발생량을 아주 효과적으로 절감할 수 있음을 확인하였다. 또한 이 장치는 기존의 타 시설에서 사용되는 장치처럼 필터를 한 개씩 압축한 후 폐기물 저장용 바스켓에 담는 방식이 아니라 폐필터를 바스켓에 담은 상태에서 계속하여 압축한 후 바스켓의 뚜껑을 체결할 수 있기 때문에 폐필터의 압축시 발생하는 방사성 분진이 셀 내부를 오염시키는 것을 피할 수 있어 셀의 청결한 운전에 기여할 것으로 판단된다.

### 압축성폐기물 진공압축 장치 설계 및 제작

파이로 시설에서 발생하는 가연성 폐기물의 경우



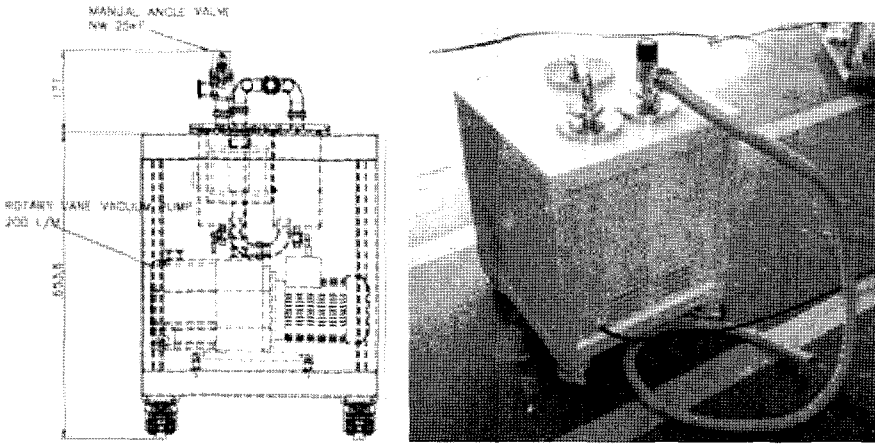
[그림 3] 필터 압축시험 결과

작업자가 사용한 천, 비닐, 종이 등의 압축성 폐기물이 대부분을 차지한다. 따라서 방사성 폐기물 처리의 고비용을 감안할 때, 압축성 폐기물의 효율적인 처리를 위해 충분히 부피를 감용시킨 후 반출해야 한다. 일반적으로 부피감용을 위해 폐기물을 눌러서 압축하는 방식을 사용하고 있으나, 압축성 폐기물의 경우 탄성복원(Spring-back) 현상으로 인해 폐기물 사이 공간의 충분한 감용을 기대하기 힘들고 또한 유지하기도 용이하지 않다. 따라서 압축성 폐기물의 효율적 처리를 위해 폐기물을 진공팩에 넣고 진공을 걸어 폐기물의 부피를 감용시키는 장치를 개발하였으며, 본 장에서는 이 장치의 설

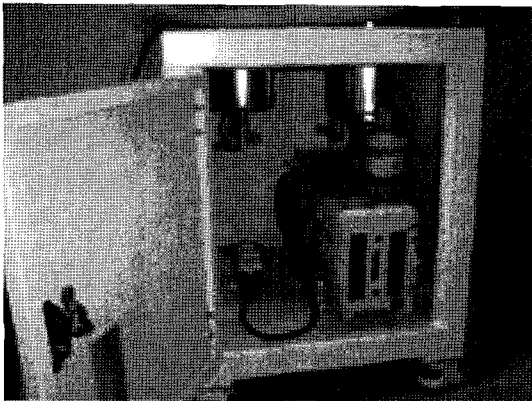
계, 제작, 성능시험에 관한 내용을 기술한다.

### 폐기물 진공압축 장치 설계

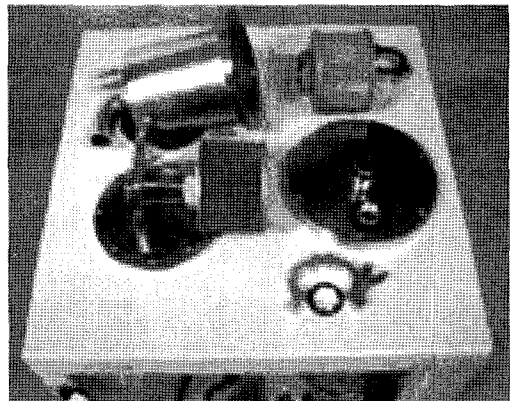
장치의 내부는 진공펌프, HEPA 필터 1개, 흡입 필터(Suction Filter) 2개, 전원공급 장치로 구성되어 있으며, 외부는 케이스로 포장되어 있다. 장치의 전체 크기는 가로와 세로가 506 mm이며, 높이는 831 mm이다. 그림 4는 폐기물 진공압축 장치의 설계도면과 제작된 모습을 보여준다. 공기 흡입부에는 앵글밸브(Angle Valve)로 흡입 유량과 압력을 수동으로 돌려가면서 제어할 수 있도록 설계하였다.



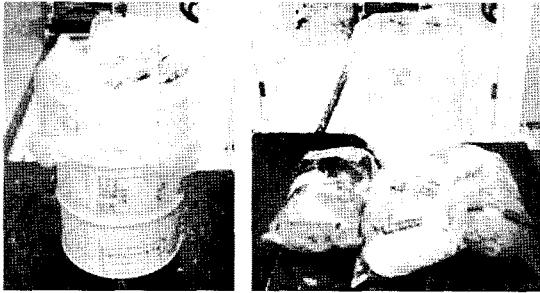
[그림 4] 진공압축 압축장치 설계도 및 제작품



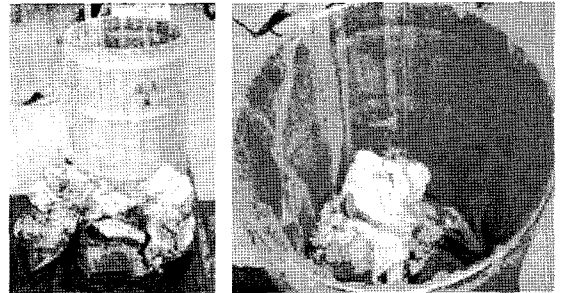
[그림 5] 진공압축 압축장치 내부



[그림 6] 진공압축 장치 흡입필터



[그림 7] 가연성 폐기물의 압축팩 포장



[그림 8] 가연성 폐기물 진공압축 결과

압축팩의 공기를 빨아들이는 진공펌프는 천, 비닐, 종이 등의 압축성 폐기물에 대해 충분한 부피 감용이 이루어지고, 압축팩 한 개에 대한 진공압축 작업을 2분 이내에 완료할 수 있도록 하는 기준을 적용하여 선정하였다. 그림 5는 장치의 내부에 설치된 진공펌프를 나타낸 것이다.

염폐기물이 묻은 제염지, 작업복 등의 진공흡입시 흡입공기에 동반될 수 있는 염폐기물로 인해 진공펌프가 손상되거나, 염폐기물을 흡착한 공기가 진공펌프에서 배출되지 않아야 한다. 따라서 본 장치에서는 흡입공기의 먼지, 미세입자, 오염물질 등이 흡입필터와 HEPA 필터를 통해 여과될 수 있도록 설계하였다. 흡입된 공기는 먼저 두 개의 흡입필터를 차례로 통과하게 된다. 그림 6은 장치에서 흡입필터를 분리한 모습을 보여준다. 흡입필터에서 여과된 공기는 다음에 HEPA 필터를 통해 여과된다.

#### 폐기물 진공압축 장치 성능시험

진공압축 시험을 위해 그림 7과 같이 20리터 드럼에 들어있는 가연성 폐기물을 꺼내어 압축팩에 눌러 담았다. 한 드럼 폐기물을 압축팩 세 개에 담

을 수 있음을 볼 수 있다. 그림 8은 세 개의 압축팩 모두를 진공압축한 후의 모습을 보여준다. 그림 7과 비교하여 충분히 압축되었음을 확인할 수 있다. 진공압축된 압축팩을 다시 폐기물 드럼에 넣고 압축 전 상태와 비교하였다. 드럼 내부의 폐기물의 높이가 1/3로 감소하였음을 관찰하였다. 압축팩 한 개를 진공압축 하는데 소요되는 작업시간은 수 분 정도였다. 따라서 성능시험을 통해 본 장치가 진공압축에 의한 부피감용과 작업 효율성 측면에서 만족할 만한 성능을 보이는 것을 확인하였다.

#### 맺음말

이 글에서는 파이로 시설에서 발생할 수 있는 폐기물의 효율적 처리를 위해 개발한 폐필터 압축장치와 압축성폐기물 진공압축 장치에 대한 설계, 제작, 성능검사 등에 대해 상세하게 기술하였다. 이는 시설의 운영 및 장치 제작의 기술자료로서 활용될 수 있을 뿐만 아니라 시설의 운영 효율성을 높이는 데 크게 기여할 것으로 기대된다. ●