

노블가스 분석을 위한 소형 공기포집 시스템 개발

이완로 · 최상도 · 이승일 · 정근호 · 김희령 · 강문자 · 조영현 · 최근식 · 이창우
한국원자력연구원
E-mail: petor@kaeri.re.kr

중심어 (keyword) : 노블가스, 소형 공기포집기.

서 론

크립톤(^{85}Kr) 및 방사성 제논(Xe)은 우라늄 원소가 중성자를 받아서 핵분열함으로써 생성되는 대표적인 노블가스 중 하나이다. 핵분열로 생성되는 전체 기체 중 방사성 노블가스는 약 10 % 정도이며, 그 중 90 % ^{133}Xe 또는 Xe 동위원소이고 나머지는 주로 ^{85}Kr 이다[1]. 방사성 제논은 반감기가 비교적 짧아 몇 개월 내에 미미한 수준의 농도로 감소하지만, ^{85}Kr (β 방사능 붕괴, 방출에너지 687 keV)는 반감기가 10.8 년으로 누출된 후에도 장기간 동안 대기에 존재하여 평상시 대기 중 농도는 제논보다 크다. 현존하는 대기 중 ^{85}Kr 의 주요 발생원은 1960년대의 핵실험, 우주선에 의한 자연 생성, 사용 후 핵연료 재처리공장 등이다. 현재 북반구 지역의 대기 ^{85}Kr 의 평균농도는 약 $1.3 \sim 1.6 \text{ Bq/m}^3$ 수준이며 북반구 지역에 위치하고 있는 사용 후 핵연료 재처리 공장 가동으로 인해 매년 30 mBq/m^3 씩 점진적으로 증가하고 있다[2,3]. 이외에도 원자력발전소나 기타 원자력시설에서도 방출되고 있으나 재처리공장에 비하면 매우 작은 편이다. 대기 중 방사성 제논의 경우 원자력발전소, 동위원소 생산시설 또는 핵실험을 통해서 주로 발생되고 방사성 제논 동위원소의 비를 측정하여 핵실험 여부를 판단하기도 한다. 대기 중에는 약 $1.14 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ 정도의 Kr 이 존재하며, Xe 역시 $0.087 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ 정도로 공기 중에 극미량이 존재하므로 특수 포집장치가 필요하다. 기존 포집시스템의 경우는 매우 크고 무겁기 때문에 전용차량을 이용해야 하기 때문에 경제적 뿐만 아니

라 시간적으로 매우 불편하여 운영하는 데 제한을 많이 받았다. 따라서 본 연구에서는 노블가스 중 방사성 제논 및 크립톤 분석을 위한 실용적이고 소형인 공기포집기 시제품을 개발하였다.

재료 및 방법

공기 중의 노블가스 분석을 위한 공기 포집기는 방사성 제논(Xe) 및 크립톤(Kr)을 흡착할 수 있는 흡착기(Absorber), 강제로 공기 흐름을 유발할 수 있는 공기 펌프, 공기 흐름의 양을 조절하는 유량 조절 밸브, 총 포집된 공기량을 적산하는 누적 적산 계량기, 흡착기를 초저온으로 냉각시키는 질소냉각장치 및 공기 중 수분 및 이산화탄소(CO_2)를 제거하는 전처리 시스템으로 구성되어 있다.

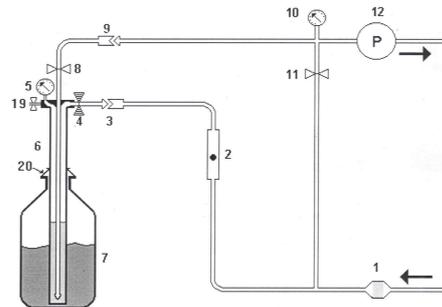


그림. 1 공기포집시스템 (1. Dust filter, 2. Flowmeter, 3. Quick-snap, 4. Needle-valve (inlet), 5. Manometer, 6. Adsorbant, 7. Dewar containing lq. N₂, 8. Stop-cock (outlet), 9. Quick-snap, 10. Manometer, 11. Bypass valve, 12. Pump, 19. Safety valve 20. Rubber collar)

그림 1에서는 대기 중 노블가스 포집원리를 보여주고 있다. 기존 시스템(독일제품)의 경우 포집 시스템의 부피가 매우 크고 무게도 무거웠다. 또한 펌핑 시스템의 분리가 불가능해서 전용차량만을 이용해야 했다. 따라서 현장에 이동해서 포집하기가 매우 불편해서 포집에 제한을 받았다. 새로 개발한 시스템은 분리형이고 소형으로 일반 승용차에도 이동이 가능하여 이동성이 뛰어나도록 설계하였다. 제작된 시스템의 성능평가를 위해서 대전 및 연산에서 하루씩 포집하여 분석하였다.



그림 3 새로 제작된 분리형 공기포집 시스템

결과 및 고찰

그림 2에서는 기존 시스템과 새로 개발한 시스템을 비교하여 보여주고 있다. 그림에서 보면 크기는 펌핑 및 유량시스템을 반으로 축소했으며, 이산화탄소 수분 제거 장치가 펌핑 및 유량 시스템에 포함되어 포집시스템의 총 부피는 1/3 로 축소하였다.



그림 2 기존 및 새로운 공기 포집시스템 비교

또한 새로운 시스템의 경우 유량 시스템과 펌핑관련 시스템을 분리할 수 있도록 설계하였다. 그림 3에서 보였듯이 두 시스템을 분리하여 부피를 반으로 축소하였다. 이렇게 해서 일반 승용차를 이용하여 쉽게 이동이 가능하도록 하였다. 성능평가를 위해서 대전 원자력연구원내에서 유량테스트 및 공기 흡착기를 이용하여 노블가스 흡착 예비 테스트를 하였다.

예비테스트 결과 기존 제품과 성능이 거의 비슷하여 논산의 공기포집지역에서 실제로 24시간 공기를 포집하여 분석하였다. 분석결과 노블가스 포집률이 기존 제품과 거의 불확도 범위내에서 일치하였다. 이를 토대로 성능면에서는 기존 제품과 비슷하며 운영자가 편리하게 포집할 수 있는 소형이며 간편한 공기포집기를 개발하였다.

참 고 문 헌

1. 한국원자력연구원, 대기 중 Kr-85 분석기술 개발, (2004).
2. Y. Igarashi, M. Aoyama, K. Nemoto, K. Hirose, T. Miyao, K. Fushimi, M. Suzuki, S. Yasui, Y. Asai, I. Aoki, K. Fujii, S. Yamamoto, H. Sartorius and W. Weiss,, ^{85}Kr measurement system for continuous monitoring at the Meteorological Research Institute, Japan, J. of Environmental Monitoring, 3, 688-696, 2001.
3. Y. Igarashi, H. Sartorius, T. Miyao, W. Weiss, K. Fushimi, M. Aoyama, K. Hirose and H. Y. Inoue, ^{85}Kr and ^{133}Xe monitoring at MRI, Tsukuba and its importance, J. of Environmental Radioactivity, 48, 191-202, 20002.