

방사성요오드 공기시료채취기용 침착 활성탄 필터 성능시험 결과 고찰

성기방, 김정미, 양호연

한수원중앙연구원, 대전시 유성구 유성대로 1312번길 70

kbsung@khnp.co.kr

1. 서론

방사성 요오드제거용 침착활성탄의 흡착성능검사는 관련 기준에 따라 ASTM D 3803[1]에 제시된 방사성 유기요오드 동위원소 이용법에 의하여 실시한다. 이 검사법은 공기시료채취 또는 작업자 마스크용 침착활성탄 필터의 성능시험에도 동일하게 적용된다. 현재 국내에서의 침착활성탄 성능시험은 국제공인시험기관(KOLAS) 인증을 받은 한수원중앙연구원에서 가동중 원전의 공기정화계통 침착활성탄과 신탄의 성능검사를 수행하고 있다. 그러나 공기시료채취용 침착활성탄 필터의 경우 그 동안 외국에서 수행해 왔고 또한 검사 수요가 많지 않아 국내에서 시험을 수행하지 않았으나 최근에는 일본 원전의 재해로 인해 공기시료채취용 활성탄 필터의 수요가 많아졌고, 사용 필터의 사용기간에 따른 성능저하경향 조사 또는 유효한 보관기간 판단 등을 위해 공기시료채취용 침착활성탄 필터의 시험이 필요하였다. 이에 기존 침착활성탄 성능시험장치를 이용하여 공기시료채취용 필터 성능시험을 할 수 있도록 장치를 개발(Fig 1)하여 시험하였으며, 그 결과를 고찰하였다.

2. 본론

2.1 공기시료채취용 활성탄필터의 기술기준

원자력 산업시설 또는 의료기관에서는 ICRP 권고와 NRC 규제지침(Reg. Guide 8.25)에 따라 작업장에서 주기적인 Air Sampling 을 수행한다. 그 수행방법은 NUREG-1400의 Air sampling in the workplace에 따라 공기시료채취, 공기시료채취를 위한 수요평가, 공기시료채취기 위치 및 채취공기의 체적 평가 등에 따라 수행한다. 공기시료채취가 요구되는 때는 10 CFR 20.1502에서 요구하는 대로 작업자가 1년 동안 ALI의 10%를 초과하여 섭취할 우려가 있는 작업장에 대하여 방사성물질의 감시를 수행하고, 작업장에 보유한 방사성물질의 양이 ALI의 10^4 배를 초과할 경우에는 Reg. Guide 8.25에 따라 수행한다. 시료채취기의 형태는 작업자의 상태를 잘 대표하는 Lapel sampler, 측정하고자 하는 지역을 선택하여 설치

하는 Portable air sampler, 작업자의 호흡과 공기 흐름의 패턴을 파악한 후 가장 최적의 위치에 고정 설치하는 Fixed-location sampler 그리고 심각한 공기 오염지역에서 피폭을 최소화하기 위한 경보시스템으로 개발한 Air monitor가 있다. 시료채취 결과의 평가는 필터여재의 효율에 가장 큰 영향을 받는데 이 중에서 여재를 통과하는 시료의 속도, 여재 자체의 특성 그리고 채집된 입자크기의 범위이다.

2.2 방사성요오드 시료채취용 필터 성능시험법

공기시료채취의 필요성과 범위가 결정되면 적당한 공기시료채취 시스템을 선택할 수 있다. 이 시스템은 포집체를 포함하고 있는 공기시료 채집기와 공기를 채집기(Collector)에 관통시키며, 동시에 유속을 조절할 수 있는 공기원동기(Air Mover)로 구성된다.

시스템의 형태는 공기시료채취 시스템의 목적, 방사성 유해물의 공기중 형태(입자 또는 가스), 측정해야 하는 농도 등에 따라 선택해야 한다. 시료채취기는 포집체와 홀더로 구성되는데, 이때 포집체를 가로질러 공기가 흐르게 되며, 이것을 분석하기 위해 분리가 가능하도록 되어 있다.

공기시료채취 시스템의 적당한 포집체는 수집 및 분석하고자 하는 물질의 물리적, 화학적 특성에 따라 선택한다. 시료채취기를 사용할 때는 포집효율, 필터의 크기, 공기저항 등을 고려해야 한다. 다른 요인으로는 필터자체의 백그라운드, 비용, 흡수율, 강도, 용해도, 필터가 설치될 환경들을 생각할 수 있다.

일반적으로 입자와 기체를 대상으로 하는 샘플 컬렉터로 나누어지는데, 여기서는 기체시료채취기에 쓰는 요오드 흡착용 활성탄 필터에 대해 실험하였다.

요오드(I)는 일반적으로 포화활성탄의 흡수로 인하여 포집한다. 포집효율은 유속율, 온도, 습도, 입자의 크기, 요오드의 조성, 포화도 등에 의해 결정된다. 최대의 포집효율을 갖기 위한 최적의 단위크기는 12~30 mesh이다. 이 mesh 크기는 최소의 투과력을 갖게 하는 적당한 충전밀도와 흡수하기에 최적의 표면면적을 제공해준다. 이 중에서 필터의 요오드 흡착능 시험법은 ASTM D

3808[2]에 따라 수행하였는데 여기에서는 여재를 통과하는 공기시료의 유속에 따른 흡착능력의 변화를 알아보기 위해 실험을 수행하였다.

3. 실험 결과

국내 제품인 M사의 40x50mesh와 20x30mesh 제품에 대해 각각 30,50,70 및 100 lpm의 유속으로 KHNP-CRI와 미국 NCS사에서 실시한 방사성옥소 흡착효율 실험결과는 표 1에 제시되었다. 40x50mesh 제품 실험결과는 50 lpm이하에서 두 실험기관 결과가 모두 99.0% 이상의 흡착제거율을 보였으며 50 ~ 100 lpm에서는 98.3% 이상의 제거효율을 보였다. 그러나 유량에 따른 필터의 차압은 유량에 반비례하여 0~ 8.92 kPa까지 증가하였다.

20x30mesh 제품 실험결과는 30 lpm에서 두 기관의 결과가 모두 99.1% 이상을 보였고 유량 50 lpm에서는 94.9% 이상의 제거효율을 보였다. 그러나 50 lpm 이상에서는 방사성요오드의 흡착능이 95% 이하로 낮아져서 본 제품을 현장에서 사용할 경우 관련 규정에 따라 효율을 보정해주는 절차가 요구되었다.

20x30mesh 제품의 유량에 따른 필터의 차압은 0.64~ 2.91 kPa까지 증가하였으나 40x50mesh의 차압보다는 낮게 나타났다.

4. 결론

공기중 방사성옥소 시료채취 또는 작업자 방호용 마스크에 쓰이는 공기시료채취용 활성탄 필터에 대한 성능시험 장치를 개발하여 실험하였다. 실험결과에 대해 미국의 NCS사 결과와도 비교한 결과, 4가지의 유량별 시험에서 흡착효율이 비슷하였다. 하지만 통과유속이 증가할수록 흡착효율이 약간 낮은 경향을 나타내었다. 규정에 따라 95%보다 낮을 경우 실험결과에 대해 보정을 해주어야 하므로 KHNP-CRI의 실험장치는 외국 기관보다 약간 보수적인 실험결과를 나타내었다.

실험결과에 대한 종합 결론은 KHNP-CRI에서 개발한 공기시료채취용 필터 시험장치는 외국의 유명 실험기관의 결과와 비교시 보수적인 실험결과를 얻을 수 있었다.

5. 참고문헌

[1] ASTM D-3803-91(2009) Standard Test Method for Nuclear-Grade Activated Carbon.

[2] NUREG-1400 Air sampling in the workplace.

Table 1. Results of Filter Performance on CH₂I-131 penetration Tests.

Model Flow	KHNP-CRI		NCS(USA)	
	40x50mesh	20x30mesh	40x50mesh	20x30mesh
30 lpm	99.964%	99.530%	99.98%	99.12%
50 lpm	99.313%	96.976%	99.82%	94.94%
70 lpm	98.746%	91.047%	99.39%	91.14%
100 lpm	98.301%	89.248%	98.73%	85.19%

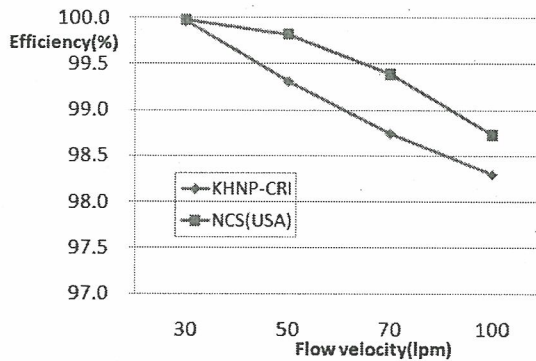


Fig. 1. Absorption Test results of Filter(40x50 mesh).

Table 2. Pressure drop of Filter Performance Tests.

Model Flow	40x50mesh	20x30mesh
30 lpm	-	0.64 kPa
50 lpm	1.45 kPa	1.43 kPa
70 lpm	5.95 kPa	1.95 kPa
100 lpm	8.92 kPa	2.91 kPa