

Hot Cell 내부에 분포한 Hot Particulate 제거를 위한 사이클론 필터 시스템 개발

김계남, 이성열, 원휘준, 정종현, 오원진, 박진호

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150 번지,

kimsum@kaeri.re.kr

국내 원자력시설 가동 중 원자력 시설 및 관련 장치들이 방사능으로 오염될 수 있으므로 주기적으로 오염된 부분을 제거할 필요가 있다. 특히 원자력시설 핫셀(Hot Cell)에서는 사용후 핵연료의 산화환원 및 분쇄공정, 사용후 핵연료의 절단 및 분말화 공정, 균분리 공정, 사용후 핵연료 금속전환 공정 등을 수행하고 있으므로 핫셀 바닥면과 벽면 그리고 핫셀 내부에 있는 여러 장치표면들이 연구실험 과정에서 발생한 고방사능 분진과 고방사능 핵연료의 조사 등에 의해 오염되어 핫셀내의 방사능 준위가 높아지고 있다. 그러므로 핫셀내에서의 핵종실험을 원활히 수행하기 위해서는 주기적으로 핫셀 내부 표면과 장치표면에 오염된 고방사능 분진을 제거하여 핫셀 내의 방사능 준위를 낮추어야 한다. 핫셀 내에 발생한 고방사능 분진들을 제거하기 위해 사이클론, Bag Filter, 그리고 HEPA Filter 로 구성된 새로운 고방사능 분진 처리장치의 개발이 필요하다. 이 장치 중 사이클론으로는 주로 직경 약 1 μm 이상의 고방사능 분진들을 제거하고 BAG/HEPA Filter 로는 1 μm 이하의 입자들을 제거하고자 한다.

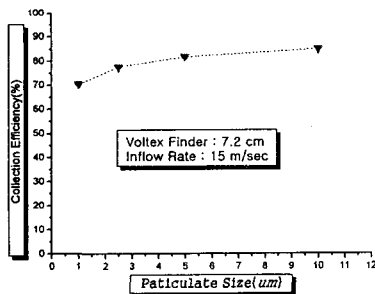


Fig. 1. Collection efficiency of cyclone versus particulate size

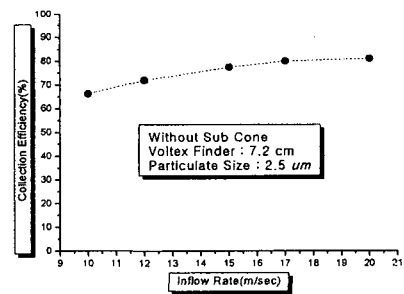


Fig. 2. Collection efficiency of cyclone versus inflow rate of particulate

1 μm 로부터 10 μm 까지의 크기가 다른 미립자를 사이클론에 유입시켰을 때, 사이클론 포집기에서의 포집효율은 Fig. 1 과 같았다. 이때, Vortex Finder 길이는 7.2cm 이고, 미립자의 유입속도는 15 m/sec 로 일정하게 했다. 실험결과 Kim 등(2001)에 의한 실험 결과와 마찬가지로 미립자의 크기가 클수록 포집효율은 증가했다. 즉, 모의입자 크기가 1 μm 이상일 때 포집효율은 70 % 이상으로 나타났고, 5 μm 이상일 때 포집효율은 80 % 이상으로 나타났다. 또한, 모의입자의 크기가 2.5 μm 보다 작아질 때 포집효율은 좀더 큰 비율로 감소하는 것으로 나타났다. 2.5 μm 의 모의입자를 사용했을 때, 포집효율은 77.5 %로 나타났다. 아래의 실험에서는매개변수에 대한 포집효율의 영향을 크게 하기 위해 2.5 μm 모의입자를 사용했다

앞의 실험에서 선정된 2.5 μm 크기의 모의입자를 사용하여 Vortex Finder 길이가 7.2 cm 일 때, 모의 입자 유입속도를 10, 12, 15, 17, 20 m/sec 로 변화시켰을 때, 모의 입자 포집효율을 측정했고, 포집효율은 Fig. 2 와 같았다. Kessler 과 Leith(1991), Zhu 와 Lee(1999), Kim 과 Lee(1990) 등이 제시한 것처럼 미립자의 유입속도는 포집효율에 상당한 영향을 미쳤다. 즉, 모의입자의 유입속도가 빨라질수록 포집효율은 증가했다. 모의입자유입속도가 12 m/sec 이상일 때, 포집효율은 70 %이상이 되었다. 그러나 유입속도가 17 m/sec 이상일 때, 포집효율의 증가가 둔화되는 것으로 나타났다. 그러므로 본 연구의 실험에서는 유입속도가 너무 빠르지 않고 포집효율도 적당한 15 m/sec 를 사용했다.

모의입자의 크기가 2.5 μm 이며 유입속도가 15 m/sec 일 때, 최적의 Vortex Finder 의 길이를 선정하는 실험을 수행했다. Lim 등(2004)에 의하면 Vortex Finder 의 모양과 직경에 따라 포집효율이 다르다. 즉 직경이 작을 때 그리고 실린더 보다 큰 모양일 때 효율이 약간 증가했다. 본 논문에서는 Vortex Finder 의 길이를 4, 6, 7.2, 10, 13 cm 로 변화시키며 포집효율을 측정하였다. 측정결과 포집효율은 Fig. 3 과 같이 Vortex Finder 의 길이를 사이클론 내부로 4, 6, 7.2 cm 로 증가시키며 따라 포집효율도 증가했다. 그러나 7.2 cm 를 넘어 10, 13 cm 로 Vortex Finder 길이를 증가시켰을 때, 포집효율은 점차 감소하는 것으로 나타났다. 그러므로 Vortex Finder 길이가 7.2 cm 일 때 최대의 포집효율을 나타냈다.

사이클론 과 미립자 수집기 사이에 보조콘을 설치했을 때, 보조콘에 의한 포집효율의 증가율을 측정했다. Fig. 4 와 같이 2.5 μm 크기의 모의입자를 사용하여 Vortex Finder 길이가 7.2 cm 일 때, 모의입자 유입속도를 5, 7, 10, 13, 15 m/sec 로 변화시켰을 때, 보조콘 부착 시 모든 속도 범위에서 약 평균 2% 정도 포집효율이 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 보조콘 부착 효과는 그리 크지 않은 것으로 나타났다.

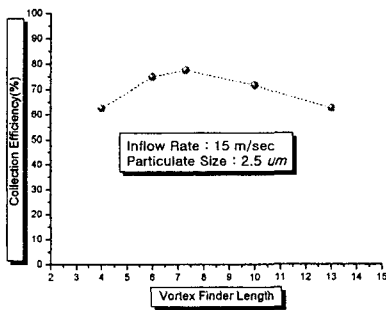


Fig. 3. Collection efficiency of cyclone versus vortex finder length

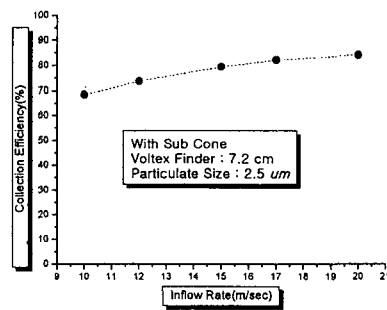


Fig. 4. Collection efficiency of cyclone with sub-cone versus particulate