

## 활성탄소 섬유필터를 이용한 요오드 포집 및 감용기술 개발

조여진, 강덕원\*

(주)아에리스, 서울시 서초구 반포동 728-36

kd52582314@nate.com

### 1. 서론

지구상에는 전 세계적으로 약 450여기의 원자력발전소가 현재 가동 중에 있다. 원자로의 가동과 더불어 액상, 고상 및 기상 형태의 방사성 물질들이 지속적으로 생성되며 환경으로의 오염 최소화를 위해 발생 폐기물의 특성에 적합한 다양한 형태의 폐기물 처리체계를 거쳐 정화 처리된 후 잔존 폐기물은 고체방사성 폐기물 형태로 보내지게 된다. 이들 고체폐기물들은 영구처분장에서의 처분비용과 직결될 뿐 아니라 발전 원가에도 지대한 영향을 미치기 때문에 원전 사업자들은 처분장으로 이송 전 다양한 감용기술을 개발, 적용하여 최대한 감용화를 위한 노력을 경주해 오고 있다. 원전에서 발생하는 폐기물 중에서 감용하기가 매우 어려운 폐기물은 폐수지(spent ion exchanger resin)와 공기정화계통(HVAC)에서 사용되는 활성탄필터(chacoal filter)이다. 폐수지는 고분자물질로 만들어지기 때문에 수지의 가교결합만 깨뜨린다면 CO<sub>2</sub>와 물로 변화시켜 감용시킬 수 있으나 활성탄의 경우는 원료물질이 야자껍질로 고온에서 태워 만든 물질이기 때문에 부피감용이 매우 어렵다. 원전에서 사용 중인 입상활성탄은 비표면적이 900~1,000m<sup>2</sup>/g으로 비교적 넓기 때문에 모든 원전에서 I, Xe, Kr등의 기체 방사성핵종을 제거하는데 사용해 오고 있으며 이로 인해 상당량의 고체폐기물이 매년 발생되어 처분비용 증가에 기여해 오고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 일본의 경우는, 1980년대부터 기존의 활성탄 대신에 감용비와 방사성기체 제거능력이 뛰어난 대체물질인 활성탄소 섬유필터를 개발해 왔다. 최근 들어, 고성능/고감용 성능을 지닌 세공구조가 10~20Å의 균질한 활성탄소 필터 개발에 성공하였다, 활성탄소 섬유의 비표면적은 1,500~1,800m<sup>2</sup>/g으로 활성탄에 비해 약 2배정도 비표면적이 넓으며 균질한 제품 생산이 가능할 뿐 아니라 사용된 활성탄소 섬유필터는 감용 및 소각처리가 가능하기 때문에 원전에서의 활용가능성이 매우 높을 것으로 기대된다. 본 논문에서는 원자력발전소의 실적용을 고려하여 활성탄과 활성탄소섬유를 동일한 조건하에서 비교시험(ASTM D3808)한 결과와, 대기환경에 노출시 얼마나 오랫동안 그 성능을 유지할 수 있는지의 여부를 평가하기 위한

대기 노출시험을 수행한 결과에 대해 함께 기술하고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 <sup>125</sup>I에 의한 포집효율 실험 및 결과

본 실험은 의한/약학영역에서 광범위하게 사용하고 있는 실내공기 중의 <sup>125</sup>I에 대한 활성탄소 섬유필터의 포집효율에 대한 실험으로 일본 게이오대학 의학부에서 3년 동안 수행하였다. 실험은 활성탄소섬유필터(KK,No.900)의 경우는 방사능 농도가 각기 다른 두가지(12,690dpm, 16,470dpm)를 사용하였으며 12매를 장착할 수 있는 먼지채집기(L30.R&M사)를 사용하여 50~80cm/sec의 면속도로 5~30분간 실내습도 80% 이하의 환경 하에서 <sup>125</sup>I를 포집해 액체섬광측정기로 측정하였다.

분석결과(Fig.1 참조), 6매 이후부터는 1매를 사용했을 때와 비교할 때 극미량만이 통과됨을 알 수 있었다. 5매 이상을 사용했을 때는 공기 중 허용농도(MPC)air의 1/100까지 화학형에 관계없이 거의 완벽히 포집되었으며 얇은 필터를 사용했기 때문에 계측도 매우 용이하여 5매의 방사능을 한번으로 측정이 가능하게 되어 간이측정도 용이한 것으로 나타났다. 활성탄(CP-20, Toyo Roshi Co.,Ltd)의 경우는, 오랜기간 동안 병원, 학교 및 산업체에서 사용해 왔지만 포집효율이 일정하지 않고 활성탄의 두께도 일정하지 않아 낮은 에너지의 요오드 방사능에 대한 측정효율의 신뢰성이 낮아 분석결과를 보정하여 평가해 왔다. Fig. 2에서 보여준 것처럼 두 개의 실(<sup>125</sup>I 표지롭과 동물관리실)에서의 포집효율이 일정하지 않게 나타났으며 동물관리실의 포집효율은 상대적으로 낮게 나타났다.

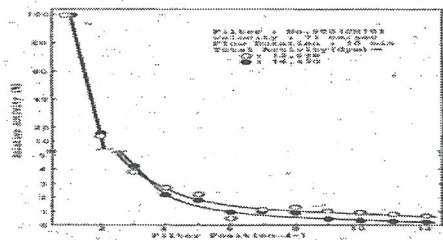


Fig. 1. The Reactivity Activity of each Filter

율은 상대적으로 낮게 나타났다.

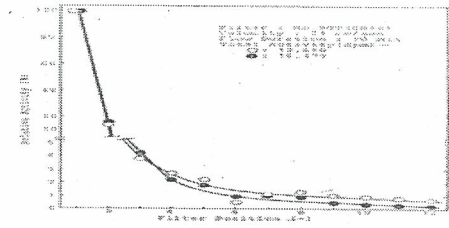


Fig. 1. The Reactivity Activity of each Filter

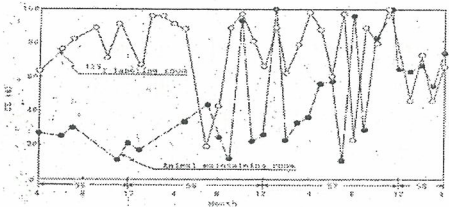


Fig. 2. The Variety of Collection Efficiency on AC

2.2 ASTM D3808과 동일한 시험 및 결과

- 1) 시험조건(미국, NUCON International Inc.에서 시험 수행)
  - 평형조정 준비시간: 16hr, 평형조정 시간: 4hr, 용리/이탈시간: 1hr, 총 20시간 통기.
  - 평가핵종:  $CH_3^{131}I$ , 온도: 30°C, 상대습도: 95%, 면속도: 20cm/sec, 층 두께 50mm
- 2) 시험결과(원자력 시험요구치(ASME AG-1): 97%, Fig. 4 참조)
  - 시험결과 99.999% 이상의 제거효율을 얻음. 이는 두께 150mm 이상의 AC 효율 값에 해당

2.3 대기노출 시험

- 1) 시험조건
  - K형(WAC Filter, TEDA첨착) 필터 사용, 온도: 25°C, 면속도: 8cm/sec, 상대습도: 60% 환경 하에서 365일 대기시험 수행
- 2) 시험결과: K형 활성탄소섬유(3bed)는 365일(1년) 98% 이상의 포집효율 유지(Fig. 3 참조)

2.4 소각처리시 CO<sub>2</sub> 발생량 및 감용효과 비교

- 1) 동일 포집효율을 얻는 조건하에서, 입상활성탄은 3년간 트레이형 3대(57kg) 운전시 198kg의 CO<sub>2</sub>를 배출하며 활성탄소섬유는 3년간 트레이형1대(5kg) 운전시 18kg의 CO<sub>2</sub>가 배출되므로 소각시 활성탄에 비해 CO<sub>2</sub>량을 년간 90% 이상 저감시킬 수 있음.
- 2) 입상활성탄은 트레이 5대(200ℓ) 발생시 별도의 처리 없이 드럼에 담아 처분장으로 이송 처리

해 하나 활성탄소섬유의 재질 특성상 압축처리가 가능하며 압축 시 부피가 약 1/20로 활성탄소섬유를 연소처리 시에는 약 1/1000까지 감용시킬 수 있음.

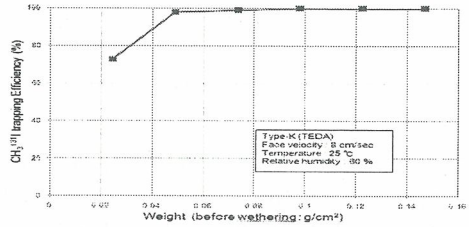


Fig. 3. 365 days Weathering Tests at Steady Condition

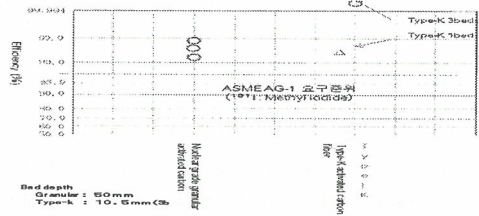


Fig. 4. Comparisons of Performance by ASTM D3808

3. 결론

활성탄소섬유필터(ACF)는 활성탄에 비해 동일 조건하에서 I 제거효율 99.999%, 사용수명 3배, 감용비는 1/20로 성능 및 경제성이 뛰어난 뿐 아니라 1회 장입량도 무게비로 1/10 정도밖에 되지 않아 취급이 용이하다는 장점을 지니고 있다. 또한, 소각처리 시 발생 CO<sub>2</sub>량도 90% 정도 저감시킬 수 있기 때문에 환경 친화적인 기체 정화여과재라고 여겨진다. 이러한 이유로 일본은 동위원소협회의 권고에 의해 향후 2년 내에 병원, 학교 및 산업체에서는 활성탄소필터로 대체 사용토록 강력히 권장하고 있다. 향후, 보다 심도 깊은 원전 실적용 연구가 수행되어 진다면 전 원자력발전소에 확대 적용되어질 수 있을 것으로 기대된다.

4. 참고문헌

- [1] 나카사또가쯔히사 “활성탄소섬유필터에 의한 공기중의 요오드 포집기술” 일본 방사선영양학회, pp.1-4, 1992
- [2] 노가와노리오 “활성탄필터의 현상과 금후의 과제” 동경대학 동위원소협회 pp.22, 2008