

# 환경 및 방사선안전관리 측면에서의 Iodine 채집을 위한 활성탄소섬유필터 원전 적용성 고찰

김민수, 김희경

(주)액트알앤티, 대전시 유성구 테크노1로 11-3

lyhkms@nate.com

## 1. 서론

원자력발전소 및 방사성동위원소를 이용하는 일반 산업체에서는 Pre + Charcoal + HEPA Filter로 구성된 3단 Filter Box를 기계형 방사성 폐기물의 Filtering을 위해 많이 사용 중이다. 그러나 현재 사용 중인 Charcoal Filter내 입상활성탄(Granular Activated Carbon : GAC)는 감용이 되지 않을 뿐더러 소각도 곤란하므로 이를 대체할 수 있는 대체품에 대한 기대치가 높아졌다.(Fig. 1 및 Table 1 참조)

최근 Charcoal 재료를 대체할 수 있는 활성탄소섬유(Activated Carbon Fiber : ACF) 필터가 생산되어 주변 원자력 국가에서 이용 중이며 활성탄소섬유필터의 경우 소각도 가능하고 소각시 이산화탄소 방출도 획기적으로 줄일 수 있어 앞으로 국내 원전에서도 각광 받을 수 있으리라 판단된다. 본 논문은 활성탄소섬유필터에 대한 고찰을 통하여 이산화탄소 방출에 대한 환경 문제 해결(환경적 대응) 및 방사선 관리 측면에서의 폐기물 감용문제에 대한 폐기물 처리문제 해결(방사선 관리적 대응)에 대해 검토 하였다.

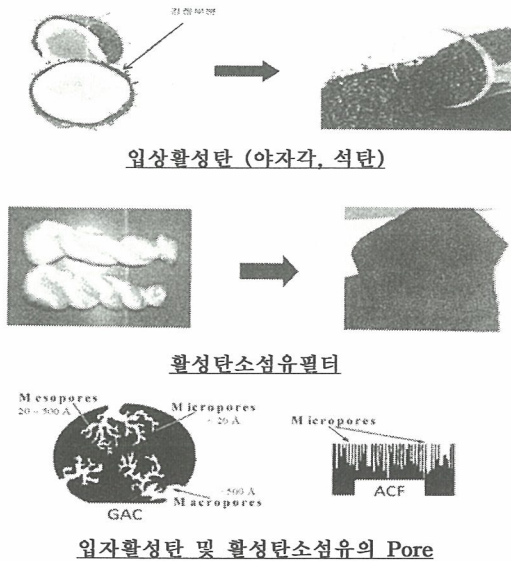


Fig. 1. Figure and pore structures of GAC and ACF.

Table 1. Comparison of GAC and ACF.

항 목	입상활성탄	활성탄소섬유
섬유직경	-	13 ~ 20 $\mu$ m
adsorbable 농도	1.75 mg/m <sup>3</sup>	1.75 mg/m <sup>3</sup>
투과율	0.0018	< 0.00001
비표면적	900 ~ 1000 m <sup>2</sup> /g	1200 ~ 1500 m <sup>2</sup> /g

## 2. 본론

### 2.1 활성탄소섬유필터 정의

활성탄소섬유필터는 활성탄소섬유를 이용하여 제작된 필터로서 활성탄에는 입상활성탄(야자각, 석탄 등) 이나 활성탄소섬유 형태가 있다. 입상활성탄의 경우 Micro Pore 크기가 크고 많은 공간을 갖는 반면에 활성탄소섬유는 균일하여 조밀한 형태를 갖는 Micro Pore를 갖고 있다. 따라서 활성탄소섬유필터가 기존 Charcoal(활성탄) 보다 성능이 고성능일 수 있는 이유는 인공적 유효흡착구경(10 ~ 20Å)을 갖춰 크고 작은 다양한 Micro Pore를 갖는 활성탄 보다 방사성물질의 흡착율은 높일 수 있기 때문이다. 일반적으로 입상활성탄이 900 ~ 1000 m<sup>2</sup>/g의 비표면적을 갖는 반면에 활성탄소섬유는 1200 ~ 1500 m<sup>2</sup>/g의 비표면적을 가지므로 아이오딘화메틸(CH<sub>3</sub>I) 등에 대한 포집효율을 최대화할 수 있다.

### 2.2 활성탄 시험(원자력용)

원자력용 활성탄의 시험방법은 ASTM D 3803에 따르게 되는데 고습도 20시간의 열화시험을 통과토록 요구하고 특히 CH<sub>3</sub><sup>131</sup>I에 대한 방사성유평소 채집성능을 97% 이상 요구하고 있다. 활성탄소섬유의 경우 입상(Granular) 50mm 및 면속 15 ~ 20 cm/s 기준 시 99.999% 이상의 채집성능을 보이고 있다(미국 NUCON Internation, Inc 자료 근거). 참고로 야자각 활성탄의 경우 포집효율은 5cm 총 두께에 대하여 면속 20 cm/s 기준 시 99.82%의 포집효율을 나타낸다고 보고되고 있다(미국 NCS Corp. 자료근거).

대기시험의 경우도 입상활성탄의 경우 총 두께 5cm에 대한 120일 후 98%로 대기조건에서 열화 된다고 보고되고 있으나(2.5cm 총 두께의 경우 120일 후 84%로 대기조건에서 열화) 활성탄소섬유의 경우 365일 동안도 8시간 사용 1일 기준 시 98% 이상의 포집효율을 유지한다고 보고되고 있다(Fig. 2 참조)

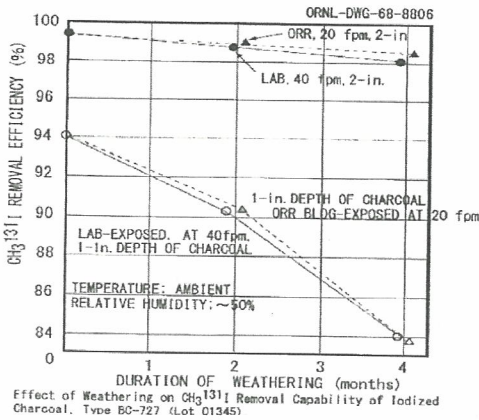


Fig. 2. CH<sub>3</sub><sup>131</sup>I Removal efficiency of GAC as following Weather.

### 2.3 활성탄소섬유필터 CO<sub>2</sub> 발생량

입상활성탄의 경우 일반적으로 Filter 1대 기준 활성탄이 19kg이 소요되며 제작 시 총 35kg의 무게를 갖는 Filter Box가 제작되나 활성탄소섬유필터의 경우 Filter 1대 기준 섬유가 5kg 소요되며 제작 시 총 9.5kg의 무게를 갖는 Filter Box로 제작된다.(Fig. 3 참조) 입상활성탄은 그 상태로는 소각이 불가능하나 활성탄소섬유의 경우 국내에서 소각을 허용할 경우 소각로에서 자연소각이 가능하며 1/1000 까지 감용이 가능하다(일본 가이시사에서 시험). 따라서 소각 시 입상활성탄을 소각이 가능한 성상으로 만들어 소각할 때 19kg 기준 시 Filter Box 1대 기준 66kg의 CO<sub>2</sub>가 방출되나 활성탄소섬유는 5kg 기준 시 Filter Box 1대 기준 18kg의 CO<sub>2</sub>가 방출된다고 보고되고 있다. 따라서 입상활성탄보다 70% 이상 CO<sub>2</sub> 방출을 삭감하며 Filter Box 1,000개 처리 시는 48 ton의 CO<sub>2</sub>를 삭감하여 탄소세를 줄일 수 있고 환경에 대한 영향도 최소화 할 수 있다.

활성탄소섬유필터의 소각 공정은 필터 분쇄기 → 필터 분쇄(남은 부분은 Glove Box 이동) → 소각로 투입 → 소각의 공정을 거치도록 된다.

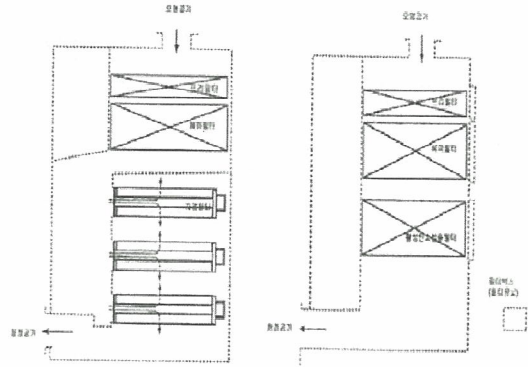


Fig. 3. Structures of GAC and ACF filter.

일본의 경우 활성탄소섬유필터 Box가 중부발전 / 북록전력에 공급된 실적이 있고 기타 병원/ 연구기관/ 대학 등에 많이 납품된 바 있다.

### 3. 결론

활성탄소섬유필터는 적은 CO<sub>2</sub> 방출과 큰 I-131의 포집 효과에 따라 기존의 입상활성탄필터 보다 우월하게 원자력발전소나 RI 이용기관에 사용 가능하며 소각 시 1/1000의 감용비로 1대의 Filter Box가 소요 시 5g의 소각재가 발생하므로 기존 입상활성탄필터 보다 감용 효과에 따른 처분비용을 획기적으로 줄일 수 있다고 판단된다. 뿐만 아니라 향후 소각 시에 발생이 예측되는 CO<sub>2</sub> 가스의 경우도 기존 입상활성탄 보다 70% 이상 감축할 수 있으므로 경제적 이익을 창출할 것으로 판단된다.

### 4. 참고문헌

- [1] Journal of the Korean Nuclear Society, Vol 28, No. 1, pp. 44-55, 1996.
- [2] Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 8, pp. 573-579, 2011.
- [3] the Graduate School of Clemson University, In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science Environmental Engineering and Earth Sciences, The effects of physical factors on the adsorption of synthetic organic compounds by activated carbons and activated carbon fibers, 2010.
- [4] Water Res. vol 45, No. 3, pp 1378-1386, 2010.
- [5] 한국폐기물학회지, vol 15, No. 5, pp 409-416, 1998.