

## 방사성 폐기물인 폐활성탄으로부터 C-14 분리 회수를 위한 열적거동 분석

이민우, 이석철, 양희철, 김태곤\*, 신재신\*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

\*한국수력원자력(주) 월성원자력본부, 경북 경주시 양남면 나아리 260

[mwlee27@kaeri.re.kr](mailto:mwlee27@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

원자력 운영 시 발생하는 방사성 폐기물로서 장반감기 핵종인 C-14을 과량 함유하고 있는 폐활성탄이 발생하고 있다. C-14의 반감기는 5740 ±40년으로 알려져 있다. 폐활성탄은 가연성으로서 처분장 수용이 불가능하므로 C-14를 분리하여 처리할 수 있는 효과적인 기술의 개발이 필요한 실정이다[1]. 일반적으로 활성탄은 가연성으로서 소각처리가 가능하나, C-14를 포함하는 활성탄의 경우  $^{14}\text{CO}_2$ 의 형태로 가스가 발생하게 되므로 사전에 C-14를 분리 회수하는 기술이 필요하다.

### 2. 실험 및 결과

원자력발전소에서는 폐활성탄을 폐액 정화계통과 공기정화계통에 모두 사용하고 있으나 본 실험에서는 비교적 방사성준위가 낮아 취급이 편리한 공기정화계통에서 사용된 폐활성탄을 대상시료로 선정하고, 이중에서도 C-14의 함량이 많은 월성원전 1호기의 공기정화계통에 사용된 폐활성탄을 시료로 사용하였다. 본 연구에 사용된 월성원전 공기정화계통 발생하는 폐활성탄 시료의 사진을 그림 1에 나타내었다.

폐활성탄 시료의 질소분위기에서 탈가스화 시 다른 온도 상승속도에서의 무게감량 특성을 그림 2에 나타내었다. 그림 2에 나타난 것과 같이 다공성 구조의 폐활성탄은 수증기, 이산화탄소와 메탄을 기공 내 함유하고 있어 탈가스 조작에 의해 이들을 배출시킬 수 있다.

탈가스 반응의 단계는 약 120°C까지의 수증기와  $\text{CO}_2$ 를 배출하는 1단계와 이후 약 450°C까지의  $\text{CO}_2$ 와  $\text{CH}_4$ 를 배출하는 2번째 단계로 구분되고, 이상의 온도에서는 활성탄 매질의 열분해가 일어난다.



Fig. 1. 탈가스화 시험에 사용된 월성원전 공기정화계통 발생 폐활성탄 시료.

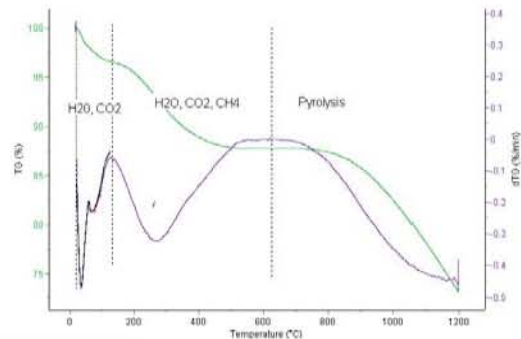


Fig. 2. 월성원전 공기정화계통 발생 폐활성탄의 온도 증가(8°C/min)에 따른 무게감량과 발생하는 가스추정으로부터 결정된 3가지 반응단계.

그림 2에 나타난  $\text{H}_2\text{O}$ 와  $\text{CO}_2$ 를 배출하는 활성탄의 1단계 탈가스 반응의 Model-free method에 의한 Activation Energy 분석결과를 그림 3에, 그리고 그 결과로부터 도출된 탈착 처리온도에 따라 탈착반응이 완료되는 시간을 그림 4에 각각 나타내었다. 그림 3에 나타난 것과 같이 폐활성탄 표면에 흡착되어 있는 수증기와 이산화탄소의 1단계 탈가스화 반응의 Activation Energy는 반응의 진행도(Reaction Progress)에 감소했다가 다시 증가하는 경향을 보이며 평균 활성화에너지는 3.7 kJ/mol로 분석되었다. 그림 4에 나타난 1단계 탈가스화 처리온도에 따른 반응의 완료시간을 보면,

60°C 이상으로만 가열하면 11단계 탈가스 반응을 30분 내에 완료할 수 있으며 150°C로 가열하면 5분 후에 이 1단계 탈가스 반응을 완료할 수 있다.

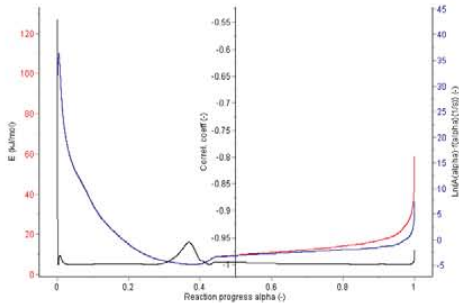


Fig 3. 월성원전 폐활성탄의 1단계 탈가스화반응의 반응진행도에 따른 Activation Energy 변화.

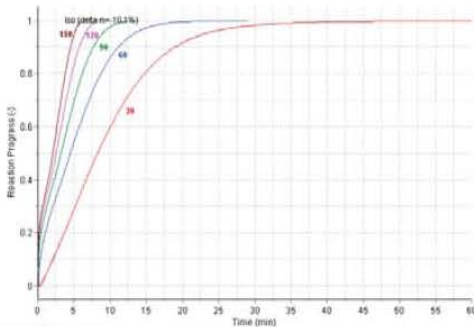


Fig 4. 월성원전 폐활성탄의 탈가스 반응 1단계(H<sub>2</sub>O 및 CO<sub>2</sub> 배출단계)의 처리온도에 따른 완료시간.

그림 2에 나타낸 H<sub>2</sub>O와 CO<sub>2</sub> 및 CH<sub>4</sub>를 배출하는 2단계 탈가스 반응의 Model-free method에 의한 Activation Energy 분석결과를 그림 5에, 그리고 그 결과로부터 도출된 탈착 처리온도에 따라 탈착반응이 완료되는 시간을 그림 6에 각각 나타내었다. 그림 5에 나타낸 것과 같이 2단계 탈가스화 반응은 넓은 온도범위(약150-450°C)에서 진행되에도 Activation Energy는 반응의 진행도에 크게 변화하지 않으며 평균 황성화에너지는 57.8 kJ/mol로 분석되었다.

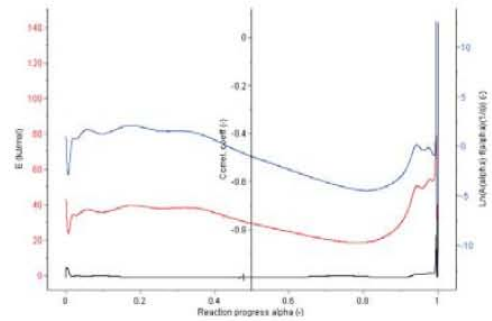


Fig. 5. 월성원전 폐활성탄의 2단계 탈가스화반응(H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> 및 CH<sub>4</sub> 배출단계)의 반응진행도에 따른 Activation Energy 변화.

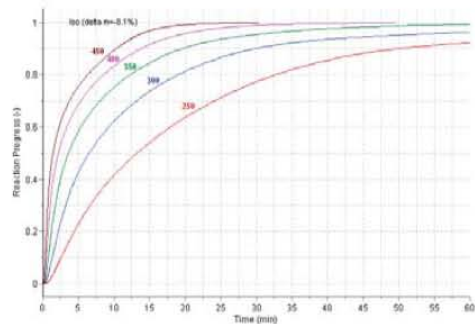


Fig. 6. 월성원전 폐활성탄의 탈가스 반응 2단계(H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> 및 CH<sub>4</sub> 배출단계)의 처리온도에 따른 완료시간.

### 3. 결론

폐활성탄의 탈가스화 처리온도에 따른 반응의 완료시간을 보면, 적어도 350°C 이상으로만 가열하여야 1시간내에 탈가스 반응을 종료할 수 있으며, 400°C 정도에서 30분이면 완전한 탈가스화가 가능할 것으로 판단된다.

### 4. 참고문헌

- [1] Hans-Erik Larsson. <sup>14</sup>C Produced by Nuclear Power Reactors-Generation and Characterization of Gaseous, Liquid and Solid Waste, pp3-5, NFFR-1028 (2007).