

## AMP/iron oxides-PAN을 이용한 방사성 핵종의 흡착특성 평가

김초롱, 박연진, 신원식, 최상준  
 경북대학교, 대구광역시 북구 산격동 1370번지  
 chorong@knu.ac.kr

### 1. 서론

대부분의 저준위 방사성 폐액은 원자력 발전소의 시설의 운영이나, 수리, 처분 중에 발생된다. 방사성핵종의 처리 방법 중 이온교환은 다른 방법에 비해 공정이 간편하고 이온교환수지를 재활용 할 수 있어 경제적이다. 그러나 무기 이온교환제는 폐액처리 후 이온교환제의 수거가 용이하지 않고 탈착 후 이온교환제의 성상이 유지되지 않는 단점이 있다. 이와 같은 문제점을 보완하기 위해 무기 이온교환제를 유기물인 폴리아크릴로나이트릴(polyacrylonitrile, PAN) 지지체에 고정시킨 유-무기 이온교환제가 개발된 바 있다[1]. 또한 산화철(iron oxides)의 경우 자성을 가지고 있어 빠르고 쉽게 수거할 수 있으며 흡착 후 여과와 원심분리 없이 흡착제를 수거할 수 있는 장점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 자성분리를 통한 흡착제 회수의 장점을 살린 AMP/iron oxides-PAN을 합성하여 방사성 핵종 대한 흡착능력을 평가하였다.

### 2. 본론

#### 2.1. 실험방법

본 연구에 사용된 AMP/iron oxides-PAN은 무기 이온교환제인 AMP(ammonium molybdophosphate)와 산화철, 유기물인 PAN(polyacrylonitrile)을 질량비 1: 0.4 비로 중합하여 1~2 mm 크기의 bead 형태로 제조하였다[2]. 산화철의 경우 마그네타이트와 헤마타이트의 혼합물로 자성을 가지고 있으며 중합시 산화철의 함량은 AMP 질량 대비 10, 20, 30 wt%로 하여 AMP/iron oxides-PAN을 합성하였다.

합성된 AMP/iron oxides-PAN의 기본물성으로 비표면적과 FT-IR을 분석하였으며 산화철의 함량별 AMP/iron oxides-PAN의 자성능력을 평가하기 위해 자성측정시스템(magnetic property measurement system, Quantum Design, MPMS XL 7.0)을 사용하여 분석하였다.

AMP/iron oxides-PAN의 코발트와 스트론튬, 세슘에 대한 최대흡착량을 알아보기 위해 회분식 흡착실험을 수행하였으며 흡착제의 양은 코발트와 스트론튬은 0.5 g, 세슘은 0.1 g으로 하였고, 방사성 모의 폐액은  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CsNO}_3$  (Aldrich Chemical)을 이용하여 제조하였으며 농도는 1~20 mM로 하였다. 흡착실험은 15 mL conical tube (SPL, Korea)을 이용해 25°C에서 200 rpm으로 24시간동안 교반하였다. 흡착처리 후 상등액 내의 코발트, 스트론튬, 세슘의 농도를 ICP-OES (PerkinElmer, Optima 2100 DV)로 분석하였다.

#### 2.2 결과

AMP/iron oxides-PAN의 산화철의 함량별 MPMS의 결과는 산화철이 10 wt% 포함되어진 AMP/iron oxides-PAN은 2.038 emu/g, 20 wt%의 경우 2.875 emu/g, 30 wt%의 경우 7.719 emu/g으로 산화철의 함량이 많아질수록 AMP/iron oxides-PAN의 자성의 세기는 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 1.).

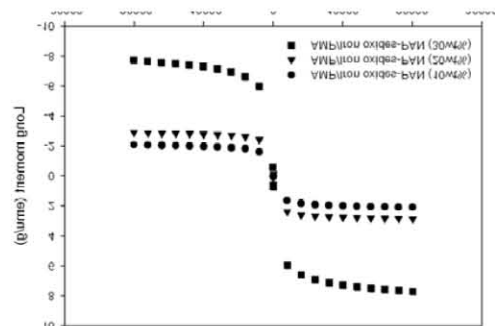


Fig. 1. Magnetic behaviors of AMP/iron oxides-PAN at 300K between -30 and 30 kOe.

AMP/iron oxides-PAN(10wt%)에 대한 코발트, 스트론튬, 세슘의 등온흡착 실험결과를 Langmuir 모델로 fitting 하였을 때 코발트의 최대흡착량은 0.097 mmol/g, 스트론튬의 최대흡착량은 0.086

mmol/g, 세슘의 최대흡착량은 0.655 mmol/g으로 세슘의 최대흡착량이 가장 높게 나타났다.



Fig. 2. Photographs of AMP/Iron oxides-PAN in the presence of the neodymium permanent magnet.

AMP/Iron oxides-PAN은 방사성 핵종 중 세슘에 대한 높은 흡착율을 나타내었는데, 이는 AMP/Iron oxides-PAN에서 AMP에 존재하는  $NH_4^+$ 이 세슘과 이온교환 되어 나타난 결과로 판단된다[2].

산화철의 함량별 AMP/Iron oxides-PAN에 대한 세슘의 등온흡착 실험결과를 Langmuir 모델과 Freundlich 모델로 fitting하였으며 그 결과를 Fig. 3과 Table 1에 나타내었다. Langmuir 모델로 fitting 하였을 때 AMP/Iron oxides-PAN(10wt%)의 최대흡착량은 0.655 mmol/g, AMP/Iron oxides-PAN(20wt%) 최대흡착량은 0.602 mmol/g, AMP/Iron oxides-PAN(30wt%) 최대흡착량은 0.559 mmol/g으로 AMP/Iron oxides-PAN의 산화철의 함량이 늘어날수록 세슘의 최대흡착량이 감소하는 것으로 나타났다.

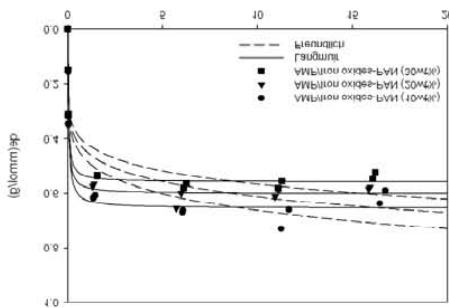


Fig. 3. Single-solute sorption isotherm of Cs onto AMP/Iron oxides-PAN (10, 20, 30 wt%).

Table 1. The parameters of sorption isotherm for Cs onto AMP/Iron oxides-PAN (10, 20, 30wt%).

| Iron oxide content  | Freundlich                                  |                             |       |       |
|---------------------|---|-----------------------------|-------|-------|
|                     | $K_f[(\text{mmol/g})/(\text{mmol/L})^{-n}]$ | $N(\text{L}/\text{mmol})$   | $R^2$ | SSE   |
| 10wt%               | 0.482±0.030                                 | 0.138±0.026                 | 0.871 | 0.092 |
| 20wt%               | 0.451±0.027                                 | 0.134±0.025                 | 0.877 | 0.073 |
| 30wt%               | 0.421±0.023                                 | 0.130±0.023                 | 0.888 | 0.055 |
| Iron oxides content | Langmuir                                    |                             |       |       |
|                     | $b(\text{L}/\text{mmol})$                   | $Q^0(\text{mmol}/\text{g})$ | $R^2$ | SSE   |
| 10wt%               | 21.491±4.202                                | 0.655±0.021                 | 0.950 | 0.036 |
| 20wt%               | 26.601±4.897                                | 0.602±0.018                 | 0.955 | 0.027 |
| 30wt%               | 26.550±3.685                                | 0.559±0.013                 | 0.973 | 0.013 |

### 3. 결론

세슘의 단일성분 등온흡착에 있어 AMP/Iron oxides-PAN은 산화철의 함량이 많아질수록 자성의 세기는 커지는 반면 세슘의 최대흡착량은 감소하는 것으로 나타났다. 이는 bead의 단위면적당 AMP의 양이 산화철에 의해 줄어들어 세슘의 흡착량이 줄어든 것으로 사료된다. 또한 AMP/Iron oxides-PAN은 산화철에 의해 자성을 가지고 있어 세슘 흡착 후 원심분리 없이 흡착제를 수거할 수 있는 장점이 있다.

### 4. 감사의 글

본 연구는 한국연구재단(교육과학기술부)의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다(과제번호: M20706000036-07M0600-03610).

### 5. 참고문헌

[1] J-K. Moon, K-W. Kim, C-H. Jung, Y-G. Shul, and E-H. Lee (2000): Preparation of organic-inorganic composite adsorbent beads for removal of radionuclides and heavy metal ions, J. Radio. Nucl. Chem. 246, 299-307.

[2] Y. J Park, Y. C Lee, W. S Shin and S. J Choi (2010): Removal of cobalt, strontium and cesium from radioactive laundry wastewater by ammonium molybdophosphate-polyacrylonitrile (AMP-PAN), Chem. Eng. J, 162, 685-695.