

악티늄족 및 란탄족 원소 회수를 위한 기능성 고분자-탄소 나노 구조체

정용주, 심준보, 백승우, 김시형, 권상운, 김광락, 정홍석, 안도희
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045 (덕진동 150-1)
 sonamu@kaeri.re.kr

1. 서론

다양한 유기-무기 복합체가 유해 중금속의 흡착제로 개발되어 널리 사용되어 왔다. 일반적으로 물에 녹지 않는 세라믹이나 고분자 수지가 지지체로 사용되고, 유기 리간드나 고분자 리간드가 고체 지지체 표면에 화학적 결합 또는 물리적 흡착 등을 통해 도입된다. 최근에는 메조기공 실리카 같은 비표면적이 큰 나노 구조체가 지지체로 사용되는 연구가 큰 주목을 받았다. 본 연구에서는 킬레이팅 고분자를 메조기공 탄소 표면에 흡착시켜 메조기공 고분자-탄소 구조체를 제조하였다. 제조된 나노 구조체는 금속이온(An/RE)의 회수 및 처분에 사용되었다. 특히, 악티늄족 원소의 단일입자 내에 처분 또는 고정화를 최종 목표로 하는 연구의 일환으로써 Eu를 메조기공 고분자-탄소 복합체에 주입한 후 메조기공 입구를 고분자로 blocking 한 후 Eu의 침출 현상을 관찰하였다.

2. 실험 및 결과

2.1. 메조기공 고분자-탄소 구조체 제조

메조기공 탄소를 물에 분산시킨 후 킬레이팅 고분자를 가하고 pH 5로 조절한 후 48 시간 교반하였다. 반응이 완료되었을 때 membrane filter (pore size = 0.2 μm)를 사용하여 filtering 한 후 약하게 붙어있는 고분자를 제거하기 위해 과량의 증류수로 washing 하였다. 제조된 물질의 고분자 함량은 total organic carbon (TOC) 분석기를 사용하여 결정하였다. 구조적인 특성은 nitrogen sorption test 및 XRD 등을 통해 분석되었다. 특히, BJH (Barrett-Joyner-Halenda) 방법을 통해 기공분포를 분석한 결과, 킬레이팅 고분자에 의해 메조기공 탄소가 표면처리 된 후에도 여전히 메조기공 구조를 유지하는 것으로 나타났다 (Fig. 1).

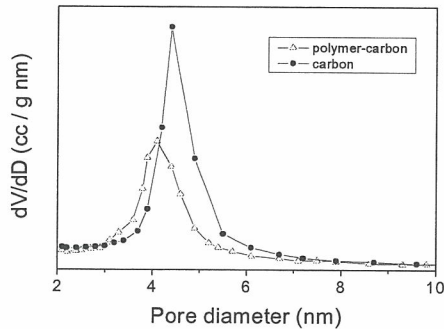


Fig. 1. Pore distribution curves of mesoporous carbon and polymer-mesoporous carbon composite

2.2 Eu 흡착 및 고정화

악티늄족 원소의 단일입자 내 영구처분을 위하여 악티늄족 원소의 대용물(surrogate)로서 Eu를 선정하였다. $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$ 을 증류수에 녹여 Eu stock solution (1000 ppm)을 제조하였다. 적당량의 Eu를 제조된 나노 복합체 서스펜션 용액에 가한 후 착물반응을 유도하였다. 반응이 끝난 후 filtering 함으로써 Eu이 주입된 고분자-탄소 복합체(Eu-loaded polymer-carbon composite)를 얻었다. 주입된 Eu 양은 원자 흡수분광법(ICP-AES)을 통해 계산되었다. 이 Eu 복합체를 수용액에 분산시킨 후 복합체로부터 Eu leaching을 차단하기 위하여 복합체 표면을 고분자로 코팅하였다.

2.3. Eu 침출거동

고분자로 나노 구조체 입구를 봉쇄한 후 Eu의 침출현상을 상온에서 시간에 따라 관찰하였다. 이를 위하여 최종적으로 얻어진 나노 복합체와 고분자로 표면처리 되지 않은 나노 복합체(control experiment)를 각각 증류수에 분산시킨 후 주사기 filter로 샘플링한 후 유도결합플라즈마-원자흡수분광법(ICP-AES)로 Eu 농도를 측정하였다. 고분자로 나노 복합체 기공입구를 봉쇄할 때 Eu 침출 현상이 크게 완화되는 것을 확인하였다 (Fig. 2).

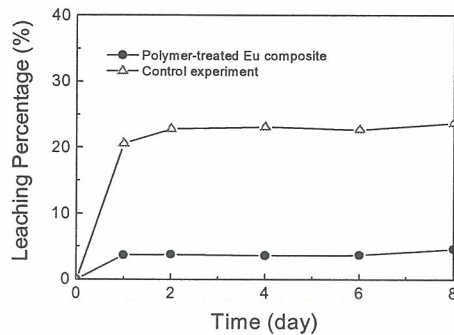


Fig. 2. Leaching behavior of Eu-loaded composite (control experiment) and Eu-loaded composite filled with polymer

3. 요약

킬레이팅 고분자를 메조기공 탄소 표면 위에 흡착시킴으로써 금속이온과 착물을 형성할 수 있는 기능성 나노구조체를 제조하였다. 악티늄족 원소를 단일입자 내에 영구처분을 위한 예비연구로서 Eu를 대용물(surrogate)로 사용하여 기능성 나노 구조체에 주입한 후 메조기공 입구를 고분자반응을 통해 봉쇄함으로써 Eu의 단일입자 내 고정화를 시도하였다. 시간에 따라 침출현상을 분석한 결과, 고분자로 메조기공을 blocking 하였을 때 Eu의 침출현상이 크게 완화되는 것을 확인하였다. 이는 시멘트화나 유리화 등과 같은 고비용 공정을 거치지 않고도 단일입자 내 유해 금속의 영구처분이 가능하다는 것을 의미한다. 더 나아가, 이러한 접근방법은 지지체로 메조기공 탄소에 국한되지 않고 실리카와 같은 다른 메조기공 금속산화물에 적용될 수 있다는 점에서 큰 장점이 있다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발 중장기 계획사업의 일환으로 수행되었습니다.