음이온성 방사성핵종 고정화 물질인 탄소나노튜브의 오존처리를 통한 분산성 연구

박태진*, 최세호
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
*etjpark@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성폐기물 처분과 관련한 연구개발 분야에서 방사성폐기물은 오랜 시간이 경과하면 결국 처분장에 유입된 지하수와 접촉하고, 용해된 방사성 핵종들은 지하수 흐름을 따라 주위 매질과의 상호반응을 하며 유출될 것으로 예상된다. 지하수에 용해된 방사성 핵종들의 이동은 주어진 조건에 따른 핵종의 용해도와 핵종과 다양한 고체 매질과의 반응에 의해 영향을 받게 된다[1]. 이런 다양한 방사성 핵종들 중, 음이온성 방사성 핵종들(에를 들면, I, Tc 등)은 양이온성 핵종들에 비하여 매우 고이동성이며 주위 매질에 대해 비수착성인 것으로 알려져 있다. 아울러, 요오드 등은 원자력 발전으로 인하여 생성되는 대표적인 방사성물질 중 하나로 방사성오염을 평가할 때에 특히 위해도가 높은 원소로 인식되기 때문에 그 관리가 매우 중요하게 대두되고 있다. 따라서, 음이온성 핵종에 대한 고정화 또는 이동 지연 기술의 개발에 대한 노력이 상당한 관심을 받고 있다.

본 연구에서는 음이온성 방사성핵종의 고정화물질로서 대표적인 나노소재 중 하나인 탄소나노튜브를 효과적으로 이용하기 위해 그 표면을 개질하였다. 표면개질기법으로 오존처리기법[2]을 선택하고, 오존처리 공정을 통하여 활성화된 탄소나노튜브의 분산성을 대표적 용액(즉, 증류수, 메탄올, DMSO 등) 하에서 확인하였다. 아울러, 오존처리 등의 반응 수행을 위해 오존처리 장치 및 Schlenk line 장치를 조합하여 유기-무기 화학반응연구시스템(Organic-Inorganic Chemical Reaction Research System)을 설치 및 구축(Fig. 1)하여 향후 관련 분야에 대한 지속적인 연구를 수행할 수 있는 기반을 마련하였다.

2. 본론

2.1 유기-무기 화학반응연구시스템 구축

구축된 유기-무기 화학반응연구시스템을 Fig. 1

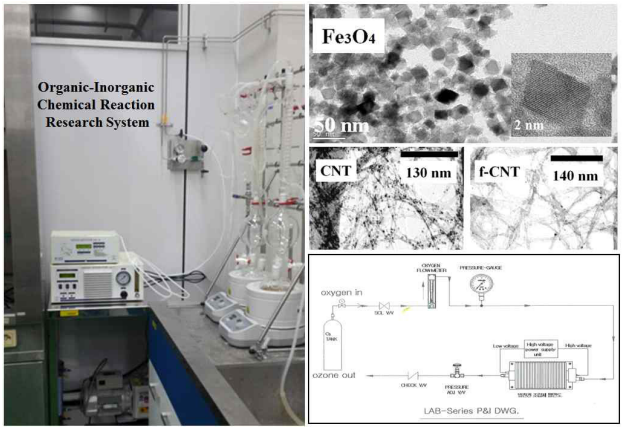

Fig. 1. Organic-Inorganic Chemical Reaction Research System.

에 보였다. 유기반응연구시스템으로서 오존처리시스템은 오존발생기 및 오존농도측정기로 구성되어 있으며 발생된 오존은 outlet 라인을 통해 후드 하에서 오존처리반응을 수행할 수 있다. 무기반응연구시스템은 각종 유기용매의 건조(drying) 및 전이금속물질 등의 합성/반응에 필요한 환경을 제공하는 Schlenk line 장치로 구성되었다. 이는 주로 유리라인/용기 라인, 진공장치 라인 및 질소, 아르곤 등의 비활성 기체 라인이 연결되어 있으며, purging 작업을 통해 산소, 물 등이 전여 없는 환경을 시스템에 제공할 수 있다. 실험실 안전관리를 위해 가스탱크는 모두 외부에 위치하고 가스라인만 실험실 내부로 설치하였다. 아울러, 이러한 유기 및 무기 반응연구시스템은 필요에 따라 동일한 반응연구에 동시에 적용될 수 있는 장점이 있다. 이는 오존발생기의 라인을 schlenk line의 inlet에 연결하고 schlenk line의 outlet을 후드 하로 빼면 적용되게 된다.

2.2 오존처리에 의한 탄소나노튜브 표면개질

본 연구의 탄소나노튜브 표면개질에 기초가 되는 오존처리기법은 기본적으로 탄소구조 내 탄소 이중결합 또는 삼중결합을 오존을 통해서 산화하여 분열하고 결과적으로 그 탄소구조 내에 alcohols, aldehydes, 또는 carboxylic acids 등의 기능기를 생성하는 반응이다(Fig. 2).

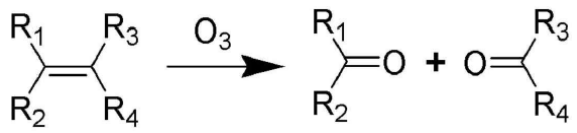

Fig. 2. A general schematic of ozonolysis for alkenes.

이 오존처리기법을 효과적으로 응용하면 탄소나노튜브의 구조적 건전성을 유지하면서 아울러 시료의 손실을 최소화할 수 있는 정화 및 표면개질 방법으로 적용할 수 있다. 오존처리(ozonolysis)는 비결정성 탄소, 잔여탄소, 탄소양파(onions), 잔여금속촉매입자 및 탄소나노튜브의 결합위치 등에 카복실산 그룹 등의 기능성 그룹을 도입하고 아울러 극성 용매에 용해도를 증가시킨다.

2.3 오존처리된 탄소나노튜브의 분산성 확인

오존처리를 통해 표면개질 또는 표면활성화된 탄소나노튜브의 분산도를 확인하였다(Fig. 3). 오존처리공정을 거치지 않은 시료는 용매 종류에 상관없이 상대적으로 분산도가 낮았다. 아울러 오존처리공정의 시간이 늘어날수록 탄소나노튜브의 분산도가 증가하며 용매의 종류에 따라서 즉 메탄올, 증류수, DMSO 의 순으로 분산도가 증가하는 것을 확인하였다.

3. 결론

신물질인 나노소재를 이용한 음이온성 방사성핵종의 고정화 기술 개발을 위한 노력의 일환으로 탄소나노튜브를 효과적으로 활용하기 위하여 그 표면을 오존처리기법을 통해 활성화하였다. 이를 위하여 유기-무기 화학반응연구시스템을 구축하였다. 오존처리된 탄소나노튜브는 그 반응시간에 따라 분산성이 증가하고, 용매의 종류에 따라 분산도가 차이가 나는 것을 확인하였다. 아울러 용매에 대한 분산도는 메탄올, DI water, DMSO 순으로 증가하였다. 탄소나노튜브의 분산성 증가는 탄소나노튜브 표면에 도입된 기능기의 수가 증가했기 때문으로 이는 타물질과 결합에 필요한 반응 자리의 증가와 비례하다. 따라서, 오존처리를 통한 탄소나노튜브의 분산성 증가는 음이온성 방사성핵종의 수착에 유리하며, 아울러 본 연구에서 계획하고 있는 음이온 수착에 필요한 중간매개체와 탄소나노튜브의 결합에도 유리하게 작용할 것으로 예상된다.

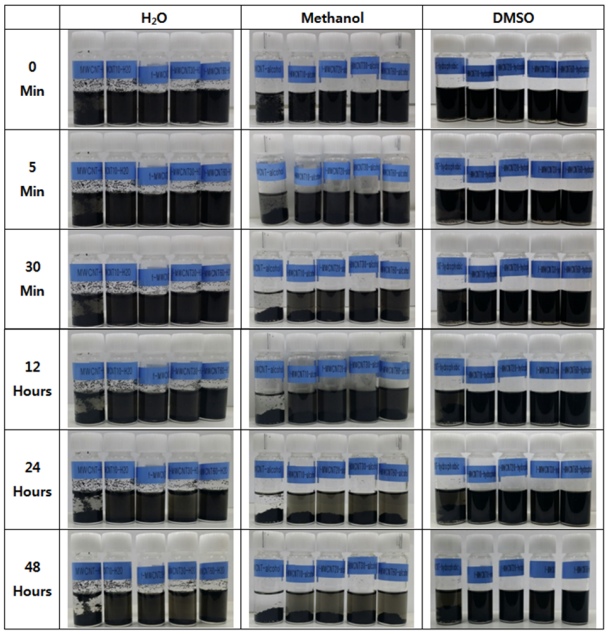

Fig. 3. Dispersibility of Carbon Nanotubes in DI water, Methanol, and DMSO.

4. 감사의 글

본 연구는 미래창조과학부의 창의연구사업의 일환으로 연구비를 지원받아 수행되었습니다.

5. 참고문헌

[1] Kim, J.-I., Nucl. Eng. Technol. 38(6), 459-82 (2006).

[2] Park, T.-J.; Banerjee, S.; Hemraj-Benny, T.; Wong, S. S., J. Mater. Chem. 16, 141-54 (2006).