Proceeding of the Korean Radioactive Waste Society
Vol. 2(1), June 2004

금속 킬레이트제의 시너지효과를 이용한 신용매(CO_2)내 금속이온 추출연구

고문성, 박광헌, 김학원, 김홍두
경희대학교, 경기도 용인시 기흥읍 서천1

청정에너지원인 원자력은 화력연료의 대체에너지원으로 높은 에너지 효율의 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 발전시 필연적으로 발생되는 방사성 오염물에 대한 환경적 관심은 점점 고조되고 있는 실정이다. 따라서, 방사성 오염물에 대한 관리 및 처리는 청정원자력으로의 발전을 위해 매우 중요하다. 원자력 발전소내의 주요 방사성 제염 대상물은 오염된 의복, 부품, 장비 등이다. 기존의 화학 및 물리 제염법은 다량의 2차 폐기물을 발생시키는 문제점이 있어 이를 최소화 할 수 있는 방법이 요구되고 있다.

방사성 오염물질은 금속염, 금속수화물, 금속산화물 등의 형태가 대부분이다. 이러한 금속오염물의 제염은 오래전부터 용매추출이 잘 알려져 있다. 그러나 사용되는 대부분의 용매들이 환경규제물질이므로 대체용매의 개발이 절실하다. 현재 대체용매로 주목받고 있는 초임계 이산화탄소를 이용한 금속추출 연구가 많이 이루어지고 있다. 이산화탄소는 다른 용매에 비해 낮고 안전한 임계조건(73.8 bar, 31.06 ℃)으로 쉽게 적용할 수 있으며, 초임계 영역에서는 액체의 높은 용매특성과 기체의 침투특성을 동시에 갖기 때문에 탁월한 추출효과를 갖는다. 또한, 제염 후 간단한 압력한 온도조절로 이산화탄소와 오염물을 분리하여 이산화탄소는 다시 재사용하고 소량의 오염물만을 포집하여 처리할 수 있으므로 2차 폐기물 발생을 근원적으로 줄일 수 있다.

이산화탄소는 무극성이므로 기름과 같은 오염물에 탁월한 효과를 보인다. 그러나, 극성물질이나 금속물질에 대한 용해도가 극히 제한적이다. 초임계 이산화탄소내에서의 극성물질에 대한 추출율을 높이기 위해 이산화탄소에 잘 용해되고 극성물질을 효과적으로 추출할 수 있는 리간드 개발연구가 중요하다. 따라서, 본 연구에서는 organophosphorus 계열인 bis(2,4,4-trimethylpentyl phosphinic acid(Cyanex 272)와 dithiocarbamate 계열인 sodium diethyldithiocarbamate(NaDDC)를 이용하여 모의 방사성 오염시편인 5가지의 금속(Cu^{2+}, Cd^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+}, Co^{2+}) 추출 실험을 수행하고, 금속추출에 나타나는 리간드들 간의 시너지 효과를 보고 비슷한 리간드를 이용한 추출실험을 통해 증명하였다.

추출실험결과 리간드를 단독으로 각각 사용하였을 때, NaDDC는 Cu의 경우만 70%의 추출율을 보였고, 나머지는 30~50%의 추출율을 나타내었다. Cyanex272는 모든 금속에 대해 20%미만의 낮은 추출율을 나타내었다. 반면 함께 사용했을 경우에는 두 리간드의 시너지 효과로 인해 90%이상의 높은 효율을 보였다(그림 1). 이는 NaDDC가 초임계 이산화탄소내에서 물이 존재할 때 분해되어 CS_2 과 NHR_2 형태로 되어 NHR_2이 Cyanex272의 이온화를 도와서 추출율을 향상시키게 되기 때문이다. 이를 고압내에 UV-Vis 측정장치를 이용하여 확인하였다(그림 2). NaDDC가 분해되는 반응식을 증명하고 NaDDC 대신 dietylamine을 사용하여 같은 실험을 수행한 결과 동일한 시너지 효과를 확인할 수 있었다(그림 3). 또한 비슷한 amine류의 리간드와 organophosphorus 리간드를

이용하여 시너지효과를 증명하였다. 본 연구를 통해 다양한 종류의 이산화탄소용 금속추출제를 밝혀냈고, 이를 이용하여 실제 방사성 제염에 응용하면 높은 제염효율을 얻을 수 있을 것이다.

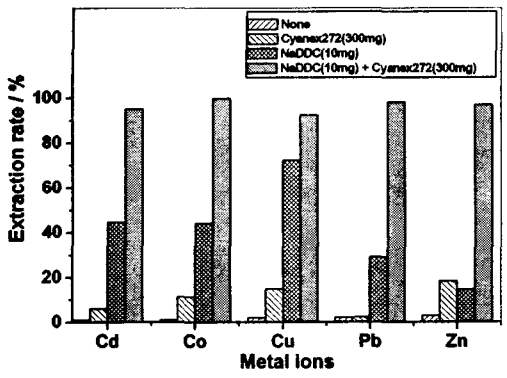

그림 1 Cyanex272와 NaDDC를 이용한 금속추출효율

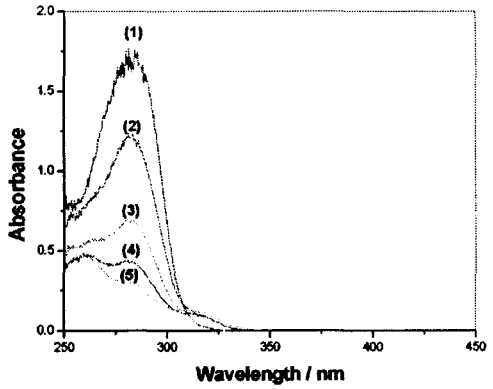

그림 2 초임계 이산화탄소내 NaDDC의 시간의 변화에 따른 UV-Vis 스펙트럼 변화 (200 bar, 60℃)

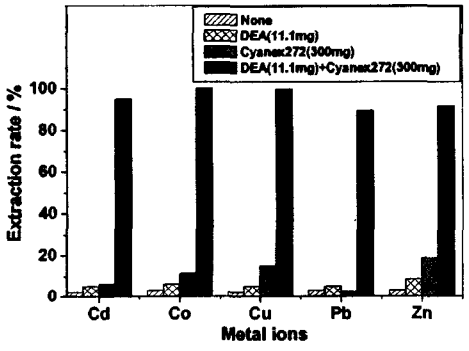

그림 3 NaDDC 분해형태인 diethylamine을 이용한 금속추출효율