

다이포실수지의 우라늄 제거특성 개선

Improvement of Removal Characteristics for Uranium by Immobilization of Diphosil Powder into Alginate Bead

김길정, 강일식, 이영희, 손종식, 홍권표

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

최근 미국 ANL연구소가 개발한 다이포실 수지는 우라늄의 선택특성이 우수하나 수지의 형태가 분말형이므로 입상의 비드형으로 제조하기 위하여 다이포실 분말을 알기네이트상에 고정화하는 방법을 적용하였다. 생성된 비드의 우라늄에 대한 흡착특성을 측정한 결과, 소듐 알기네이트 자체도 우라늄 흡착특성을 최대 68%까지 나타낸 후 30% 수준으로 감소하였으며, 이는 흡착후 탈착하는 과정을 거쳐 평형에 이르는 것으로 사료된다. 또한 비드내 다이포실의 양이 증가할수록 우라늄의 흡착이 증가하며 최대 85%정도의 흡착율을 나타내고 있다. 다이포실 수지만의 경우 반응초기에 급격한 흡착을 보이고 있으나 3일정도 이후에는 비드의 흡착율과 유사한 결과를 나타내고 있으며, 비드내 함유된 순 다이포실량을 고려할 경우 알기네이트 자체의 흡착효과로 인해 비드의 흡착효율이 크게 상승되는 것으로 해석된다. 우라늄 농도의 영향은 농도 증가에 따라 우라늄의 제거효율이 감소하였으며, 비드의 양을 2배로 증가시킨 결과 최대 90%이상의 제거효율을 얻었다.

결론적으로 다이포실 수지를 소듐 알기네이트상에 고정화하여 입자형의 비드로 제조하므로서 적은 양의 수지로 우라늄 제거특성이 우수한 비드를 얻을수 있었으며 나아가서 연속공정에의 적용도 가능한 것으로 사료된다.

Abstract

Chemical wastes containing small amounts of uranium can not be disposed of them as industrial wastes. Especially for the removal of uranium, In this study, the method of immobilizing Diphosil powder within alginate beads is adopted to make a bead from powdered resin.

Sodium alginate bead itself showed a capability to uptake uranium to above 60%, but the value was decreased to below 30% after equilibrium. The rate of uranium adsorption increased with increasing content of Diphosil in sodium alginate bead. Diphosil resin itself showed very fast uptake of uranium from early stages, and then the rates were leveled off.

Diphosil bead showed a improved capability to uptake uranium considering Diphosil content in the bead, and a considerable potential for further applications of a continuous process by using a bead form of Diphosil.

1. 서론

소량의 우라늄을 함유하는 화학폐수는 처리 후 최종 침전물의 우라늄 농도가 미국 EPA 기준인 20 $\mu\text{g/L}$ 보다 높은 경우 일반 폐기물로 처리할 수 없어 이를 다시 건조 처리하여 방사성폐기물로 저장관리하고 있다. 최근 미국 ANL연구소는 악티나이드 원소나 다가의 금속원소를 선택적으로 흡착 제거할 수 있는 다이포실(Diphosil) 수지를 개발하였으며, 특히 이 수지에 선택성이 강한 우라늄의 제거에 사용되고 있다¹⁾. 한편 화학폐수에 함유된 중금속들을 제거하기 위하여 미생물이나 식물조직 등을 Alginate(알기네이트)상에 고정화한 바이오 메스²⁾ 또는 바이오 티슈³⁾를 이용하는 방법들이 보고되어 있다.

상기 다이포실 수지는 우라늄의 제거특성은 우수하나 수지의 형태가 분말형이므로 연속공정으로 처리하기가 어려우며 값이 고가이다. 따라서 연속 처리공정에 적용하기 위해서는 수지의 형태가 입상의 비드형이 유리하며 이를 위해 다이포실 분말을 알기네이트상에 고정화하는 방법을 적용하게 되었다. 본 논문에는 제조된 비드의 물리적 특성, 우라늄 제거특성, 우라늄 농도의 영향 등의 특성을 실험하였다.

2. 실험재료 및 방법

본 연구에 사용된 우라늄 용액은 Aldrich사의 원소분석용 표준시약을 사용하였으며, Sodium alginate는 Aldrich사의 시약급을 사용하였다. 다이포실 수지는 Eichrome사의 60-100mesh급을 사용하였다.

알기네이트와 다이포실 수지의 비드를 제조하기 위하여 먼저 일정량의 소듐 알기네이트를 탈염수에 소량씩 교반하면서 주입하여 녹인 다음 일정량의 다이포실 수지를 소량씩 주입하여 혼합용액을 만든다.

이 혼합용액을 주사기를 이용하여 0.1M CaCl₂용액에 적정하여 비드를 제조하였다.

소듐 알기네이트의 주입량은 2-5%범위에서 용액의 묽기, 혼합성, 비드 제조상의 어려움 및 생성된 비드의 강도 등을 고려하여 첨가량을 조정하였으며, 다이포실의 주입량은 소듐 알기네이트량에 대해 일정량씩 변화시켜 주입하였다. 우라늄 용액은 농도, 957 $\mu\text{g/ml}$ 의 표준용액을 일정비율로 희석하여 사용하였다.

흡착실험은 우라늄 용액을 각 100ml씩 사용하여 비드의 사용량, 우라늄의 농도 등에 따른 우라늄 제거특성을 측정하였다. 흡착용액중의 우라늄의 농도는 ICP-AES(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry)로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 비드의 물리적 특성

일반적으로 소듐 알기네이트는 물에 대한 함량이 5%의 경우 농도가 짙어 혼합 및 비드제조가 곤란하였으므로 그 농도를 4%로 고정하였으며, 다이포실 수지도 물에 불용성이므로 혼합시 침강에 의한 불균일 혼합에 유의하면서 최대 4%까지 첨가하여 비드를 제조 하였다. 생성된 비드는 입상형의 지름, 3-4mm 크기의 회백색 입자로서 비교적 단단한 겔 형태를 갖추고 있다. 이들 비드들의 물리적 특성은 표1에서 보는 바와 같이 약 0.5g의 비드를 건조한 후 수분함유량을 조사한 결과 주입된 재료들의 첨가량에 비해 약 2%정도의 오차를 보이고 있으며, 이는 주입된 알기네이트나 다이포실수지가 정량적으로 손실없이 비드내에 존재함을 알 수 있다. 이들 비드들을 건조한 후의 상태는 소듐 알기네이트만의 경우 갈색을 띠며, 다이포실의 첨가량이 증가할수록 백색을 보다 강하게 띠고 있으며, 건조 후 비드 표면의 상태로 보아 비드내 다이포실이 균일하게 분포되어 있음을 알 수 있었다(그림1).

Table 1 Water Content in Alginate-Diphosil Beads

Sodium Alginate (%)	Diphosil (%)	Weight(g)		Water Content (%)	Diphosil Content (%)
		Drying			
		Before	After		
4.0	-	0.501	0.028	94.4	-
	1.2	0.498	0.037	92.6	0.009
	2.0	0.497	0.044	91.2	0.015
	4.0	0.502	0.057	88.6	0.029



Fig.1 Distribution of Diphosil with increasing Content in Sodium Alginate Beads

다이포실 -알기네이트 비드의 우라늄 제거특성을 실험하기 위해 비드와 다이포실 수지, 각 0.5g에 농도, 11.3mg/L의 우라늄 용액, 100ml를 주입하여 시간에 따른 우라늄의 제거효율을 측정하였다. 그림2에서 보는바와 같이 소듐 알기네이트 자체도 우라늄 흡착특성을 초기에 최대 68%까지 나타내고 있으며 이후 30% 수준으로 하강하는 것으로 보아 흡착후 탈착하는 과정을 거쳐 평형에 이르는 것으로 사료된다.

한편 비드내 다이포실의 양이 증가할수록 우라늄의 흡착이 증가하며 최대 85%정도의 흡착율을 나타내고 있다. 다이포실 수지만의 경우 반응초기에 급격한 흡착을 보이고 있으나 3일정도 이후에는 비드의 흡착과 유사한 결과를 나타내고 있으며, 비드내 함유된 순 다이포실량을 고려할 경우 알기네이트와 다이포실의 비드화로 알기네이트 자체의 흡착효과로 인해 비드의 흡착효율이 크게 상승되는 것으로 해석된다.

우라늄 용액의 농도가 우라늄의 제거효율에 미치는 영향을 조사하기 위하여 1g의 비드와 비교적 높은 농도인 47 및 95 mg/L의 우라늄 용액을 각 100ml씩 사용하여 실험한 결과, 우라늄의 농도가 증가함에 따라 우라늄의 제거효율이 급격히 감소하였으며, 95mg/L용액의 경우 3일후에는 47%정도에서 고정되는 것으로 보아 비드의 용량이 절대 부족한 것을 알수 있다(그림3). 비드의 양을 2배로 증가시킨 결과, 유사한 영향의 결과를 나타내나 제거효율은 상승하여 최대 90%이상을 얻었다(그림 4).

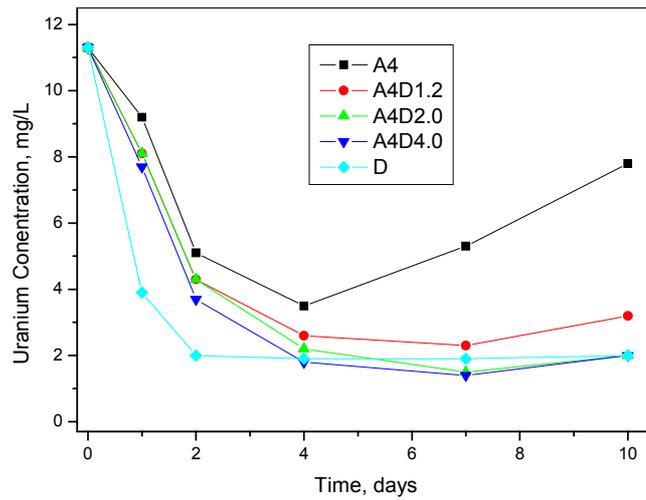


Fig. 2 Uranium Removal at various Concentrations of Diphosil

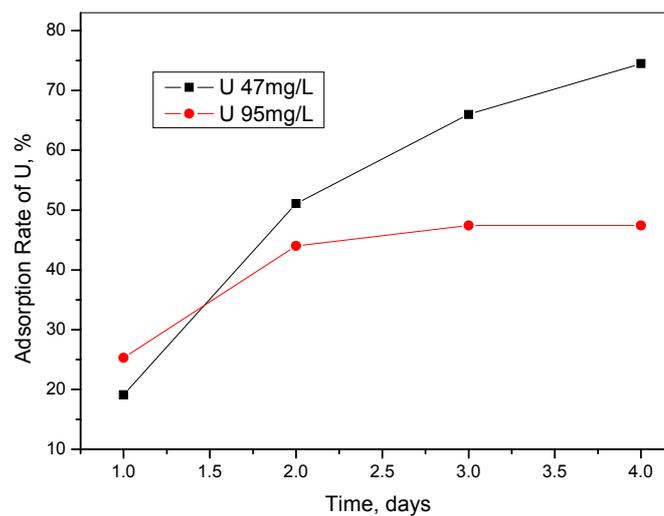


Fig. 3. Effect of U Concentration on the Adsorption Rate by Sodium Alginate- Diphosil Bead(1g)

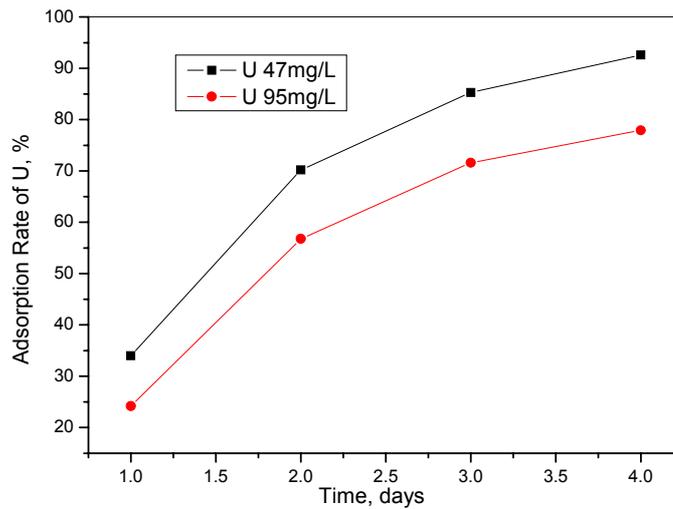


Fig. 4 Effect of U Concentration on the Adsorption Rate by Sodium Alginate-Diphosil Bead(2g)

한편 다이포실 비드를 연속공정에 적용하기 위해 건조 후 팽윤에 의한 건전성을 시험한 결과 팽윤후 건조전과 거의 유사한 상태 및 크기로 원상회복되었다. 또한 비드의 건조 및 흡수팽윤과정에서 다이포실 성분의 유실 등에 의해 우라늄 흡착성능에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 건조비드와 미건조 비드 각 0.5g 및 다이포실 0.25g의 흡착성능을 비교하였다. 그림5에서 보는 바와 같이 우라늄 흡착성능에서 건조비드와 미건조비드가 2-3%범위에서 거의 유사한 흡착율을 나타내므로서 비드의 건전성을 확인하였으며, 다이포실 수지와도 동등이상의 흡착율을 나타내므로서 흡착성능의 개선을 보여주고 있다.

결과적으로 비드를 건조하므로서 보다 적은 공간에 효율적으로 장기보관이 가능하고, 연속공정에 적용시 흡탈착공정의 반복시에도 건전성이 유지될 것으로 판단된다.

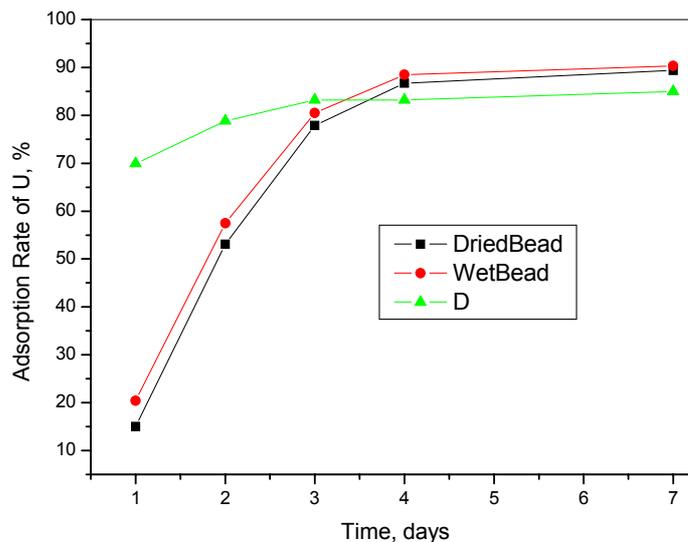


Fig. 5 Comparison of Stability and Adsorption Efficiency between dried and wet Beads

4. 결론

이상의 결과들로 보아 다이포실 분말수지를 소듐 알기네이트사에 고정화하여 입자형의 비드를 제조하므로써 적은양의 수지로 우라늄 제거특성이 우수한 비드를 얻었으며 나아가서 연속공정예의 적용도 가능한 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

- 1) 이상진, 하종현 등, 신 이온교환수지에 의한 다가 금속이온의 이온교환 특성, 대한환경공학회지, Vol.24, No.9, pp1633-1640(2002).
- 2) M. Bustard and A.P. McHale, Biosorption of Uranium by Alginate Immobilized Residual Biomass from Distillery Spent Wash, Bioprocess Eng., Vol.17, pp127-130(1997).
- 3) S. Dushenkov, et al., Removal of Uranium from Water Using Terrestrial Plants , Environ. Sci. Technol., Vol.31, pp 3468-3474(1997)

<감사의 글>

본 실험을 위하여 많은 조언을 해주신 원자력환경기술원의 이상진님, 한국원자력연구소의 김인태 박사님, 김국찬 박사님, 박경균 박사님과 최광순님에게 깊은 감사를 드립니다.