

양이온교환수지를 이용한 지하수 중에 포함된 우라늄 제거

최윤동, 최취경, 이규일, 황두성, 정운수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 vdchoil@kaeri.re.kr

1. 서론

일반적으로 국내 지하수 중에 포함된 우라늄 함량은 매우 낮은 값(1-30 ppb)을 나타내고 있으나, 일부 지역에서 비교적 높은 우라늄 함량 값(100-300ppb)을 보이고 있다[1-3]. 이는 한반도 이남지역의 동북쪽으로부터 남서쪽으로 형성된 우라늄 함유 광물의 분포에 기인된 것으로 해석된다. 근자에 우리나라가 선진국 대열에 들어서면서 산업 발전에 따른 지하수 이용이 증대되고 있으며, 지하수를 음용수로 이용하는 산업 역시 활발해지고 있다. 이에 따라 지하수 중에 존재하는 우라늄을 제거하기 위한 연구가 요구되고 있다. 우라늄을 제거하기 위하여 활성탄[4], 이온교환수지[5], 석회연화[6], 역삼투[7], 그리고 고도응집 및 여과[8] 기술들을 이용하고 있다. 이온교환수지를 이용한 방법은 다른 방법에 비하여 공정 및 장치가 간단하고 사용되는 이온교환 수지를 재생하여 재사용할 수 있기 때문에 매우 경제적이다. 일반적으로 수용액 중에서 우라늄을 제거하는데 가장 효율이 좋은 것으로 알려진 것은 음이온교환수지(Dowex 21K)[9]이며, 특히 pH 6.5 이상의 중성 또는 알칼리성을 띠는 지하수 용액 중에 포함된 우라늄을 제거하는데 적당하다. 그러나 이러한 음이온교환 수지는 가격이 매우 높은 단점이 있다. 본 연구에서는, 비교적 가격이 저렴하여 경수를 연화시키는 공정에 널리 쓰이는 양이온교환수지(Dowex HCR-S)를 택하여 지하수 중에 포함된 우라늄을 제거하는 공정에 대한 적용 가능성을 시험하였다.

2. 본론

2.1 실험

지하수 중에 포함된 우라늄을 제거하기 위한 양이온교환수지는 Dowex HCR-S(sulfonated copolymer of styrene and divinylbenzen, sodium form)을 사용하였으며, 물리화학적 특성을 표1에 요약하였다. 지하수 중에 포함된 미량의 우라늄을

제거하기 위하여 구성된 실험장치를 그림1에 나타내었다. 양이온교환수지 약 5g을 PE관에 채우고, 수지를 묽은 염산(1M), 물, 소금 용액(10%) 그리고 물 순서로 흘려주면서 세척하였다. 시료용액은 최소의 0.1M-4M HCl 용액을 사용하여 pH2-6 범위로 조절한 후에 이온교환수지관을 통과시켜 우라늄제거 시험을 수행하였다. 우라늄을 제거시키기 위한 시료 주입 유량은 최대 32 BV/hr(bed volume per hour)로 실험하였다.

Table 1. Physico-chemical properties and operating conditions of Dowex HCR-S resin

Parameter	Cation exchange resin
Matix	Spherical beads
Effective size	50-16 mesh
Moisture content	44 to 48%
Bulk density	0.484 g/cc
Exchange capacity	2.0 eq/L
Regeneration solution	8 to 12% NaCl

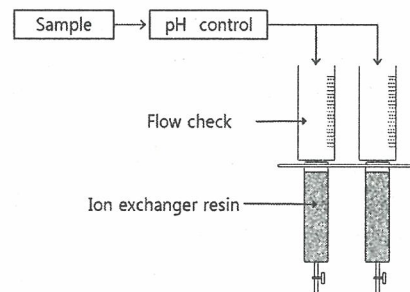


Fig. 1. Schematic figure of an ion exchanger

2.2 우라늄 농도 측정

수용액 중에 포함된 우라늄 함량은 유도플라즈마 질량 분광기(ICP-Mass spectrophotometer)를 이용하여 측정하였다.

2.3 우라늄 제거 시험 결과

양이온교환수지를 이용하여 지하수 중에 포함된 우라늄을 용이하게 제거할 수 있었으며, 그 결과를 표2에 요약하였다. 표준용액(0.2 ppm)에 대한

우라늄 제거율은 99% 이상이며, 주입 용액은 산성이기 때문에 우라늄의 흡착 형태는 UO_2^{2+} 이다. 시료 용액에 대한 pH는 2부터 6까지 조절하여 이온교환수지에 담지 시켰다. 실험범위 내에서 pH에 따른 담지 영향은 나타나지 않았으며, 이는 실제 지하수에 적용할 때 중성에 근접한 pH 6으로 조정하여 적용시킬 수 있음을 의미한다. 표준용액 및 지하수에 대한 우라늄 제거 효율은 유사하였으며, 두 경우 모두 이온교환수지를 통과한 용리액에서 우라늄 농도가 10 ppb 이하로 측정되었다. 본 실험에서 측정된 결과를 실제 지하수 처리 공정에 적용하기 위해서는 우라늄 제거에 대한 이온교환 용량, 이온교환수지 재생 공정이 제거 효율에 미치는 영향, 그리고 지하수 수질이 우라늄 이온교환 용량과 효율에 미치는 영향 등에 대한 추가적 시험이 필요하다.

Table 2. Uranium removal results, unit; ppb

pH	2	3	4	5	6
Standard solution (200 ppb)	1	1	1	1	1
Underground water (50-300 ppb)	-	5	-	6	-

3. 결론

양이온교환수지를 사용하여 지하수 중에 포함된 우라늄을 10ppb 이하로 제거할 수 있었다. 특히 질산염 등을 함유한 산성(pH 6이하)의 지하수 중에 포함된 우라늄을 제거할 때는 본 실험에 사용한 양이온교환수지(Dowex HCR-S)를 직접 적용할 수 있다. 본 실험은 연구의 초기 단계로서, 현장 시험 및 대규모화에 대한 적용시험이 계속되어야 한다. 양이온교환수지의 이용은 초기 주입 용액에 대한 pH 조절이 선행되어야 하므로, 음이온교환수지를 병행하여 사용하기 위한 추가적 기술검토가 요구된다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 원자력기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] 2010년 환경부, '09년 지하수 중 자연방사성 물질 함유실태조사 결과, 보도자료 2010.5.14.
- [2] 2001년 국립환경연구원, "지하수 중 방사성 물질 함유실태에 관한 조사연구(III)", 2001.
- [3] 1999년 국립환경연구원, "지하수 중 방사성 물질 함유실태에 관한 조사연구", 1999.
- [4] A. Mellah, S. Chegrouche, M. Barkat, J. Colloid Interface Sci., 434-441(296), 2006.
- [5] Water Quality Products(WQP) 10(5), 2005.
- [6] US Patent 6419832, "Process for removing dissolved uranium from water" July 16, 2002.
- [7] Uranium in Drinking-water, WHO/SDE/WSH/03.04/118, 2005.
- [8] United States Environmental Protection Agency, EPA 815-R-99-012, May 1999.
- [9] Dow Water & Process Solutions Home : Product Selection Guide via the Periodic Table : Resins for Separation of Uranium from Liquid Media, The Dow Chemical Company. 1995-2010.