

초임계유체하에서 분리막-이온교환수지를 적용한 방사성 폐유의 제염

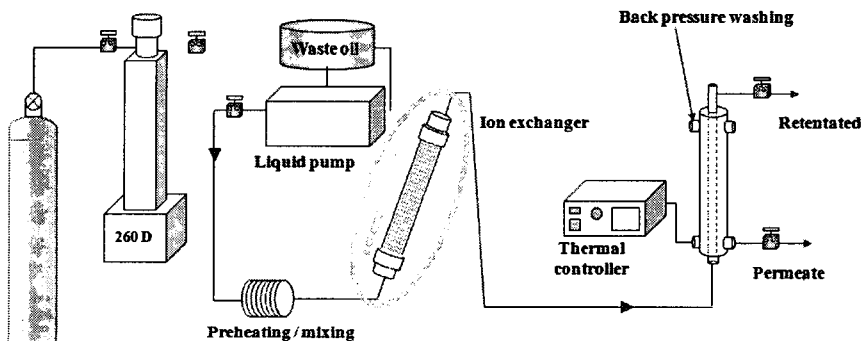
이정근, 유재룡, 강기주, 성진현, 김학원, 김홍두, 박광현

경희대학교, 경기도 용인시 기흥구

whoisaoi@khu.ac.kr

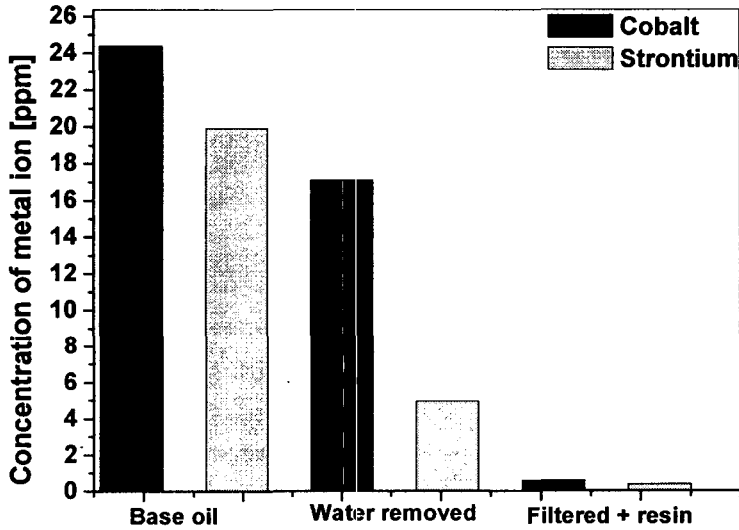
원자력발전은 폐기물이 적게 발생하면서 많은 전기를 얻을 수 있는 친환경적인 에너지이다. 그러나 원자력 산업이 지속적으로 성장함에 따라, 방사성 폐기물의 양도 지속적으로 증가하게 된다. 특히, 방사성 폐유는 일반적으로 방사성 오염물질이 많이 포함되어 있으므로 방사성 폐유의 제염은 환경적인 측면에서 매우 중요하다. 지금까지 개발된 폐유의 제염법에는 산-백토법, 진공박막증발법, 화학약품을 첨가하여 원심분리하는 이온교환 방법과 열분해법 등이 있으나, 이 방법은 온도가 높을수록 제염효율이 좋아지기 때문에 높은 온도, 즉 높은 에너지를 필요로 하는 문제점이 있다. 그러므로 새롭게 개발될 폐유의 제염법은 높은 에너지를 필요로 하는 현 폐유 제염법의 문제점을 보완해야 함과 동시에 환경친화적이어야 하고 특히 폐유의 제염에 높은 효율성이 가져야 한다. 현재 방사성 폐유 내 존재하는 오염물의 형태는 입자성 혹은 기름 내 수분에 포함되어 있는 이온의 형태이다. 이에 따라 본 연구실에서는 초임계유체하에서 분리막을 이용한 폐유의 제염법에 관한 연구를 수행하였다. 이러한 제염법은 낮은 온도에서도 분리막 내 투과성을 향상시킬 수 있다. 특히 초임계 이산화탄소는 독성이 없고, 다루기가 쉽기 때문에 폐유 제염에 적용하기에 좋은 용매이다.

실험 장치는 고압에서 견딜 수 있는 여과막 장치로 구성되어 있고 온도와 압력은 각각 200bar와 200℃까지 올릴 수 있도록 설계되어 있다(Figure 1). 세라믹 분리막은 알루미늄으로 만들어진 내부면적이 55cm²인 단일 튜브형태이며 공극의 크기는 0.02μm, 0.1μm, 0.5μm이다. 이 분리막과 고압용기는 각각 세라컴(주)와 한울 엔지니어링에서 제작되었으며 온도는 PID 조절방식에 의해서 제어된다. 예열 및 교반을 위한 장치는 운전온도를 일정하게 유지하고 방사성 폐유의 이산화탄소 용해도를 높이기 위해서 사용되었고 1/16 인치의 원형튜브로 만들어졌다.



<Figure 1> 실험장치

본 연구에서는 폐유의 분리막내 제거효율 특성을 파악하기 위해 모의실험을 수행하였다. 모의시료는 금속이온이 동위원소와 유사한 화학적 거동을 하는 점을 이용하여 Co, Sr의 금속이온을 자동차 기어유에 첨가하여 교반한 후 사용하였다. 실험결과, 초임계 이산화탄소 내 방사성 폐유의 용해도는 압력이 증가함에 따라 증가하게 되며 120bar에서 Water removed 방법으로는 약 35-75%, Filtered+resin 방법으로는 약 97%의 제거효율을 나타내었다(Figure 2). 본 연구에서는 모의실험 결과를 바탕으로 하여 실제 방사성 폐유 제염 실험을 수행하였는데 실험온도는 40℃, 80℃, 120℃이며, 압력은 90bar, 120bar, 150bar로 설정하여 실험을 수행하였다. 분리막의 공극의 크기는 0.02μm, 0.1μm, 0.5μm로써 모의실험과 동일하며, 제거효율을 판단하기 위해 실험 전후의 방사능 농도를 측정(CANBERRA GC-2520)하였다. 실험결과 Cs-137은 약 97%, Co-60은 약 74%의 높은 제염 효율을 얻을 수 있었다(Table 1).



<Figure 2> 제거효율 (분리막 이온교환수지 : 모의실험, 80℃, 120bar, 0.02μm)

Table 1. 제거효율 (분리막 이온교환 수지 : 실제 방사성 폐유, 80℃, 120bar 0.02μm)

핵종	Cs-137		Co-60	
	661.7keV	1173.2keV	1173.2keV	1332.5keV
Water removed	66.5%	47.2%	47.2%	47.8%
Filtered+resin	97.4%	74.2%	74.2%	74.2%