

QCM을 이용한 I-TEDA의 제거율 측정

유재룡, 이정근, 고문성, 성진현, 박광현
 경희대학교 원자력공학과, 경기도 용인시 기흥구 서천동 1
naiad_79@hanmail.net

1. 서론

원자력산업이 발전함에 따라 방사성폐기물의 양 또한 증가하게 되며, 이러한 방사성폐기물은 고체, 액체 그리고 기체상으로 구분된다. 특히 기체상 방사성폐기물인 방사성 메틸 요오드는 활성탄을 이용하여 흡착되게 되며, 이때 활성탄에는 방사성 메틸 요오드를 보다 효율적으로 포집하기 위해 5 wt%의 TEDA (Triethylenediamine; 1,4-diazabicyclo[2.2.2]octane)가 첨착 되어있다. 일반적으로 대기 중에서 TEDA와 메틸 요오드(CH_3I)는 I-TEDA(TEDA와 메틸 요오드 결합물)를 형성하게 된다. 방사성 요오드를 포집한 방사성 폐 활성탄을 재사용하기 위해서는, 이러한 형태의 I-TEDA를 제거해야 하는데, 현재는 아세토나이트릴을 이용한 습식재활용법이 개발되었다. 그러나 이러한 습식재활용법은 다량의 2차폐기물을 발생하는 문제점이 있기 때문에, 본 연구에서는 I-TEDA를 제거하기 위한 방법으로 2차폐기물의 발생량을 줄일 수 있는 초임계 이산화탄소를 용매로써 사용하였으며, QCM(Quartz Crystal Microbalance: 수정미량저울)을 이용하여 I-TEDA의 제거율을 측정하였다.

2. 실험 및 결과

방사성 요오드(I)에 오염된 활성탄에서 제염하여야 할 오염 대상물이 I-TEDA이므로, 초임계 이산화탄소와 추출유기용매에 대한 제거율을 측정하기 위해, I-TEDA를 합성한 후 NMR(nuclear magnetic resonance)를 이용하여 I-TEDA의 형태를 확인하였다. 초임계 이산화탄소 하에서 I-TEDA를 제거하기 위해 필요한 추출용매는, 초임계 이산화탄소 하에서의 용해도 실험결과를 바탕으로 메탄올을 선택하였다. 본 연구를 수행하기 위한 실험장치는 Fig 1. 과 같으며, 모니터를 통해 I-TEDA의 제거율을 실시간으로 관찰 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

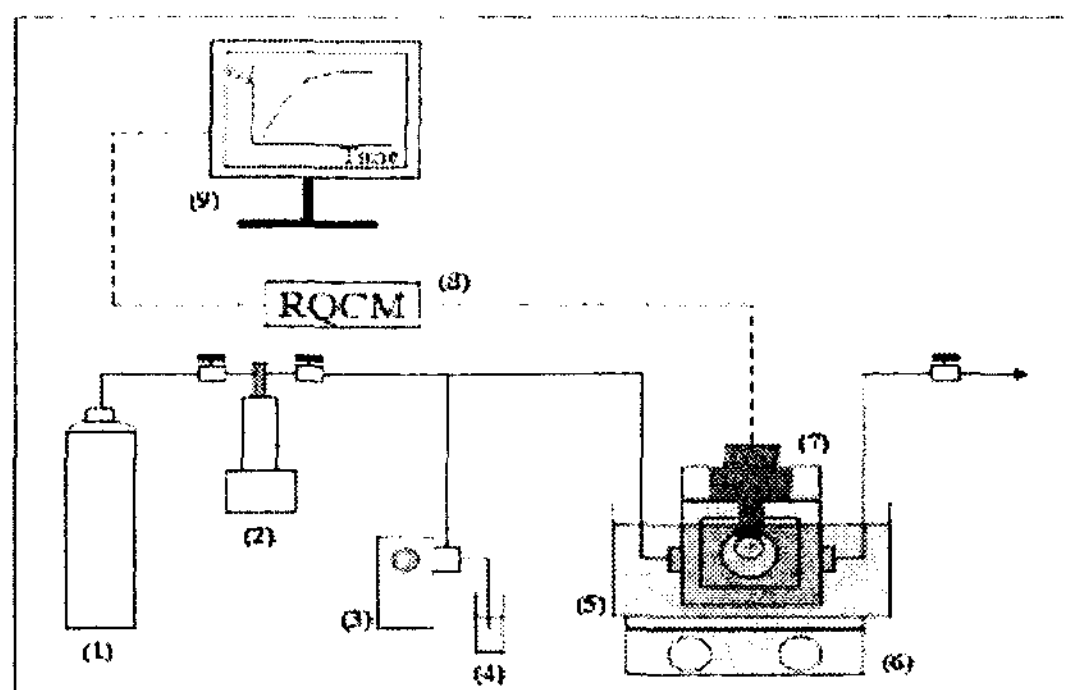


Fig 1. QCM 장치 (1) CO_2 탱크 (2) 실린지 펌프
 (3) 액체 펌프 (4) 추출용매 (5) 항온조 (6) 교반기
 (7) QCM 고압 반응기 (8) 모니터

동일한 온도조건($60\text{ }^\circ\text{C}$)하에서 압력에 따른 I-TEDA의 제거율을 측정한 결과, 150 bar, 200 bar

에서 20 분 이내에 97 % 이상의 제거율을 나타낸다. 또한, 동일한 압력조건(200 bar)하에서 온도에 따른 I-TEDA는 60 °C일 때 가장 빨리 제거된 것을 확인할 수 있다(Fig 3). 특히, 추출용매의 유량에 따른 I-TEDA의 제거율은 유량이 많을수록 제거효율이 증가하게 되지만, 최적조건 (2 ml/min)이 존재한다는 것을 확인할 수 있다.

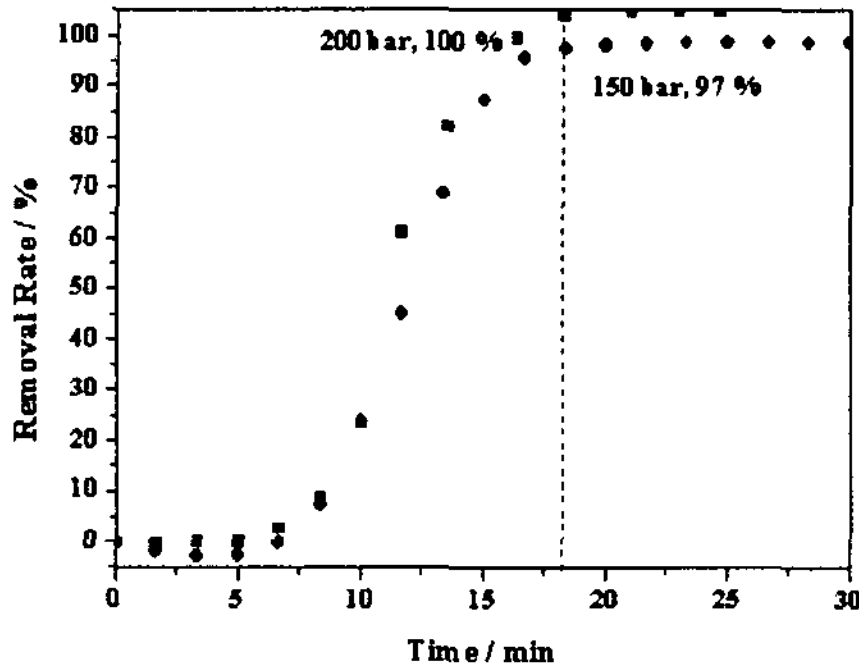


Fig 2. 압력에 따른 I-TEDA의 제거율 (●=150bar, ■=200bar); 60 °C 메탄올 유량 = 2 ml/min

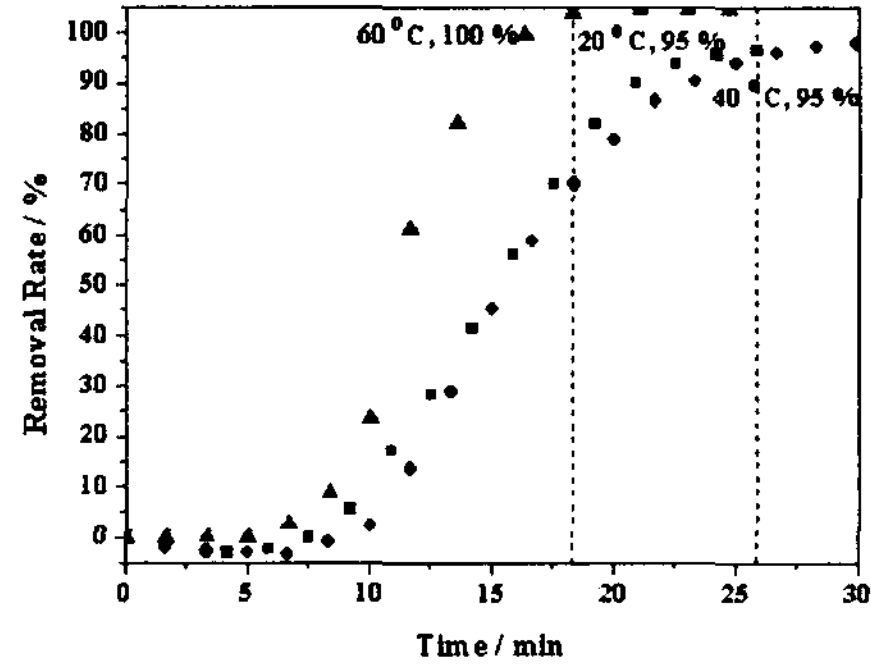


Fig 3. 온도에 따른 I-TEDA의 제거율 (▲ =60 °C, ● =40 °C, ■=20 °C); 200 bar 메탄올 유량 = 2 ml/min

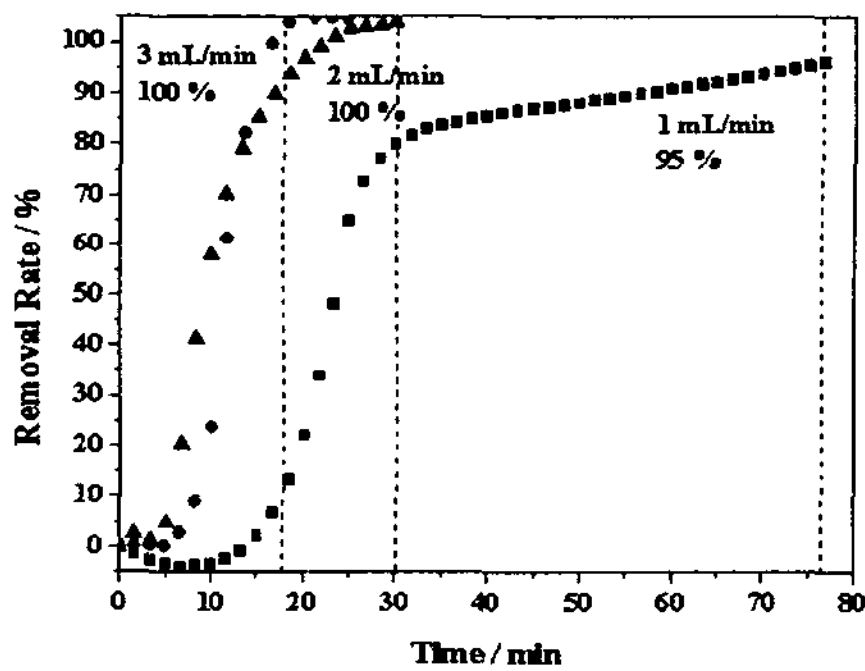


Fig 4. 추출용매의 유량에 따른 I-TEDA 제거율 200 bar, 60 °C, CO₂ 유량 = 3~5 ml/min

3. 결론

초임계이산화탄소하에서 I-TEDA의 제거특성을 확인하기 위해 QCM을 이용한 실험을 수행하였으며, I-TEDA의 용해도는 압력/온도와 추출용매에 의해 영향을 받는 것을 확인하였다. 초임계 이산화탄소 하에서의 I-TEDA의 제거율은 압력 200 bar 온도 60 °C 메탄올 2 ml/min의 조건에서 가장 높게 나타났으며, 각 실험조건에서 제거율이 급격하게 증가하게 되는 '가속구간'과 제거율이 95 %에 도달했을 때, 더 이상 제거율이 증가 하지 않는 '포화구간'을 가지는 것을 확인하였다. 본 실험결과를 바탕으로 추출용매인 메탄올을 이용하여 방사성 폐 활성탄을 제염할 경우 높은 온도 조건 및 압력조건을 유지해야 하며, I-TEDA가 용해 될 수 있는 충분한 시간이 필요 한 것으로 나타났다.