

## 방사성 금속오염물의 표면오염제거를 위한 초임계 이산화탄소내 마이크로이멀전 적용연구

주민수, 고문성, 박광현, 김학원, 김홍두  
경희대학교, 경기도 용인시 기흥읍 서천1

원자력발전소를 가동한지 25년이 지나고 있는 현재 방사성 폐기물에 대한 대책이 시급한 실정이다. 가동한지 오래된 국내 원자력발전소의 경우 가까운 장래에 일차 냉각 계통의 제염이 요구될 것이며, 특히 앞으로 해체를 해야 할 시설들이 생기고 철거를 해야 할 필요성이 제기 되면서 엄청나게 발생할 금속 폐기물의 처리에 대한 문제가 주목을 받고 있다. 금속 폐기물의 처리를 위해 부피를 최소화하여 처분관리하는 방법과 금속 폐기물을 제염하여 재사용하는 방법 등이 고려되고 있다. 세계적으로 금속 폐기물에 대한 자원 재활용 기술을 활발하게 추진 중에 있다.

현재 방사성 금속폐기물 제염방법을 크게 분류하면 표면오염에 적용되는 표면제염기술과 휘발성 및 비중의 차이를 이용하는 용융제염으로 크게 분류할 수 있다. 기존의 제염방법은 다량의 유해한 화학물질을 사용하거나 복잡한 공정이 요구되어 여러 가지 해결해야할 문제점들을 안고 있다. 특히 제염 후 발생하는 다량의 2차 폐기물은 또 다른 오염물질로 관리가 되어야 한다. 따라서, 청정 원자력을 위한 새로운 제염방법이 필요한 시기이다.

초임계 이산화탄소는 밀도, 점도, 확산계수가 액체와 기체의 중간정도의 값을 갖으며 이러한 특성으로 인하여 초임계 유체의 밀도는 액체의 조건에 가까워 용질에 대해 매우 높은 용해능력을 갖게 되며, 이상기체에 비해 103~106배의 용해력을 지니거나 때로는 그 이상인 경우도 있다. 확산계수는 액체에 비해 매우 크기 때문에 물질전달 속도가 향상되며, 높은 압축성과 지수적 용해도로 인하여 매우 작은 압력 변화에 의해 용매의 분리가 용이하다. 점도의 경우에는 일반적으로 낮기 때문에 고체가 침전하는 동안 침강 속도를 향상시켜 주는 장점을 가지게 된다.

이산화탄소는 무극성물질로서 극성물질인 금속에 대해 제한적인 용해도를 갖는다. 따라서, 본 연구에서는 초임계 이산화탄소내 마이크로 형성법을 이용하여 금속표면의 오염물을 제염하고자 한다. 질산과의 마이크로이멀전 형성압력을 측정하고 실제 방사능에 오염된 금속폐기물을 교반기와 초음파를 이용하여 비교제염하고 제염효율을 분석하였다.

마이크로이멀전을 위해 비이온성 계면활성제인 NP-4를 사용하여 물과의 이멀전형성을 확인하고 질산의 농도에 따른 형성압력을 측정하였다. 질산을 이용한 실험에서는 형성압력이 물보다 50~100기압정도가 높은 압력에서 형성되었다. 마이크로이멀전을 형성할 때 교반방법을 교반기와 초음파를 사용해서 비교실험 해본 결과 초음파를 사용했을 때 탁월하게 안정적으로 이멀전이 형성되었다(그림 1, 2). 실제 방사성폐기물인 너트, 볼트를 대상으로 질산 1몰과 6몰의 마이크로이멀전을 제염을 수행하였다. 질산 6몰의 경우에 95% 이상으로 1몰의 실험효율인 85%보다는 높은 제염효율을 나타내었으나 대상물의 표면이 일부 부식이 되어 손상이 되었다(표 1, 2). 교반방법의 차이에 따른 제염율을 비교해본 결과 교반기를 사용하였을 경우에는 3번의 실험 후 75%의 제염율을 보였으나 초음파를 사용한 실험에서는 한번의 실험으로 85% 이상의 제염효율을 얻을 수 있었다. 초음파의 경우에 교반기보다 2배 정도의 제염 향상효율이 나타났다. 이러한 결과를 이용하여 실제 방사성 오염물을 제염한다면 환경친화적인 제염법을 개발할 수 있을 것이다.

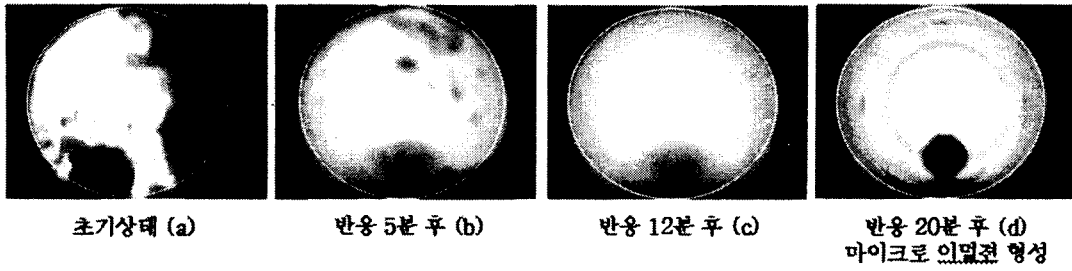


그림 1. 교반기를 이용한 시간에 따른 초임계 이산화탄소내 마이크로이물질 형성사진

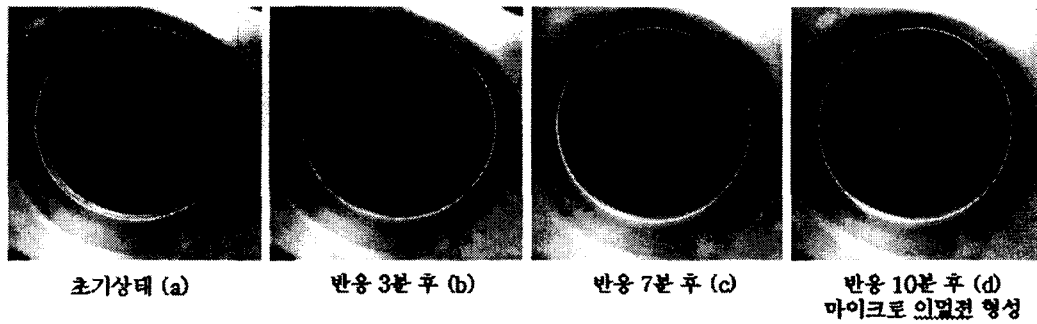


그림 2. 초음파 혼을 이용한 시간에 따른 초임계 이산화탄소내 마이크로이물질 형성사진

Nuclide	Energy keV	Half Life	Efficiency %	
			1st	2nd
Mn-54	834.8	312.7d	66±5	92±5
Co-60	1173.2	5.271y	88±1	88±3
Co-60	1332.5	5.271y	86±1	83±3

표 1. 1몰 질산을 이용한 방사성 금속폐기물 제염효율

Nuclide	Energy keV	Half Life	Efficiency %	
			1st	2nd
Co-60	1173.2	5.271y	>95±5	>95±5
Co-60	1332.5	5.271y	>95±5	>95±5

표 2. 6몰 질산을 이용한 방사성 금속폐기물 제염효율