

마이크로버블을 이용한 제염장치의 버블 특성 및 제염장치 응용

전종선, 이상현, 이상철, 장미숙, 김위수, 한병섭

(주)에네시스, 대전시 유성구 구암동 328

nunki@enesvs.co.kr

1. 서론

마이크로버블이용 기술은 화학약품사용을 최소화하는 친환경기술 산업분야로 활용분야가 빠르게 확산되고 있다. 이런 기술적 특징을 활용하여 마이크로버블을 이용하여 폐기물 제염 시 2차 폐기물의 발생을 최소화하는 제염장치를 개발하고자 한다. 국내 및 해외에서도 마이크로버블을 활용한 제염기술은 초기단계이며 일반적으로 제염하기는 어려우나 마이크로버블 특성을 적용하여 제염이 가능한 방사성오염물을 대상으로 제염장치를 개발하였다. 기술 개발을 위해서는 마이크로버블 발생장치, 세정조와 산액관, 세정액의 오염물질을 제거하는 여과장치, 세정액 pH 조절장치 및 오존발생장치 등 구성하여 마이크로버블 제염장치를 개발하였다. 위와 같은 구성으로 제작된 마이크로버블 제염장치의 기본적인 마이크로버블의 물리적 특성을 확인하였고 방사성오염물에 대해 예비제염실험을 수행하여 제염가능성을 확인하였다.

2. 본론

2.1 마이크로버블 제염장치 개발

2.1.1 마이크로버블 발생부

본 연구에서 사용한 마이크로버블 발생장치는 고속선회방식으로서 유량 1.5 m³/hr, 총 수두 90 m, 3450 rpm 및 2.2 kw의 성능을 보이는 입형다단펌프를 이용하여 마이크로버블을 생성한다. 이 때 20 L/min의 유속으로 버블수를 생성하며, 분당 2 L 이하의 기체를 주입(펌프 수차 1회전 당 0.58 ml 기체 주입)하여 용액에 혼합하여 버블을 생성한다.

2.1.2 제염장치 구성

마이크로버블 발생부, 세정조 및 세정용액 냉각기, 세정액 순환부로 분리하여 구성하였다. 300 L 용량의 316 SUS 재질의 세정조를 중심으로 주변에 마이크로버블 발생부와 세정액 순환부를 장착하였다. 마이크로버블 발생부 상단에 약품주입팅

크를 부착하여 세정액의 pH를 조절할 수 있게 하였다. 세정액 순환부에 250 L/min 용량의 순환펌프, 혼합수지와 마이크로필터를 구성하여 세정액 순환하면서 이물질을 정화하고 마이크로버블 발생부와 동시에 운전할 수 있다. 산화력 강화를 위하여 2 L/min의 용량을 가지는 오존발생장치를 부착하여 제염성능을 강화하였다.

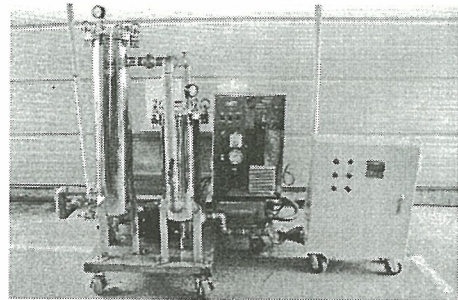


Fig. 1. Manufactured micro-bubble decontamination system. (Decontamination capacity: 300 L).

2.2 마이크로버블 특성

2.2.1 마이크로버블 크기

개발장치에서 발생하는 마이크로버블 크기를 확인하기 위하여 Laser Trac PC 2400D 입자계수기를 사용하였고 Flotation process evaluation method로 버블의 크기분포를 확인하였다. 총 버블 발생량의 93%가 1 - 10 μm 범위 내에서 발생하였다.

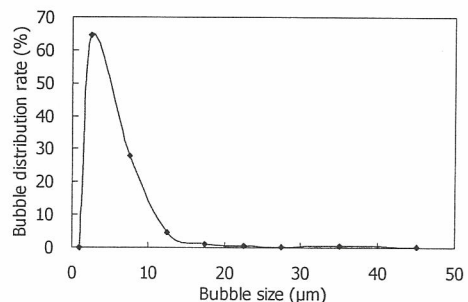


Fig. 2. Bubble size distribution.

2.2.2 마이크로버블 상승속도

혼탁한 버블수 원기둥이 투명한 정제수로 변화할 때 소요되는 시간을 이용하여 상승속도를 확인하였다. 36 cm 유리관에서 190초가 소요되어 마이크로버블 이동에 따른 상승속도는 1.9 mm/sec (25°C)로 확인하였다.

2.2.3 마이크로버블 제타포텐셜

마이크로버블 주변의 제타포텐셜은 Otsuka ELS -Z 장비를 이용하여 측정하였다. 버블 특성으로 인해 장비 측정셀 부근에 정제되어 제타포텐셜 평균값이 높아졌다. 측정값을 제외한 나머지 측정값은 -30 mV 이하였고 평균 측정값은 -20.9 mV 였다.

2.3 방사성오염물 예비 제염실험

원자력시설에서의 발생하는 C-14를 제거하기 위해서 사용되는 활성탄의 제염을 위해서 마이크로버블 제염법을 적용하였다. 미세한 마이크로버블의 붕괴에너지를 이용하여 활성탄 표면의 미세 틈새에 흡착되어 있는 C-14를 제거하고자 하였다.

2.3.1 활성탄 내의 C-14 제거 시험

200 g 정도의 활성탄 시료를 마이크로버블 제염장치내 마이크로버블 세정액에 담근 후 일정한 속도로 회전, 혼합하였다. 제염시간대별로 제염 후 C-14 농도변화를 확인하였다.

실험조건으로 마이크로버블 제염시간은 1시간 및 10시간을 수행하였고 세정액량은 30 L를 사용하였다. 그림 3와 같은 방법으로 활성탄 내 C-14를 제거하는 제염과정을 수행하였다.

상온에서 마이크로버블에 활성탄을 혼합 및 순환하는 방법으로 제염하여 표 1과 같이 초기농도 대비 최대 제염율은 33%, 제염계수는 1.5 정도로 활성탄 내 C-14이 제염되는 것을 확인하였다.

Table 1. Decontamination factor of activated charcoal.

| No. | Radioactivity (Bq/g) | Decontamination factor |
|-------|----------------------|------------------------|
| Blank | 10.7 | - |
| A* | 9.7 | 1.1 |
| B** | 7.2 | 1.5 |

* : 1 hour cleaning results

** : 10 hour cleaning results

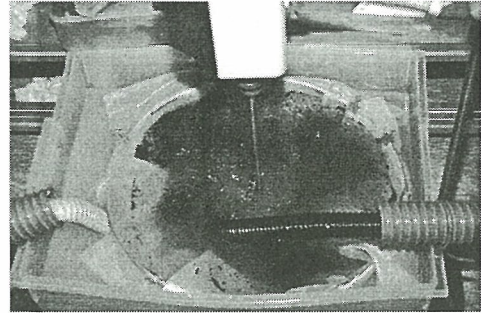


Fig. 3. Decontamination process of charcoal used microbubble generator.

3. 결론

마이크로버블 제염장치의 설계 및 제작하였으며, 제작된 마이크로버블 제염장치의 마이크로버블 물리적인 특성을 확인하였다. 방사성물질 예비 제염실험 결과, 실험조건에 따라 초기농도 대비 최대 33%의 제염율을 확인하였다.

예비 제염시험을 보완하여 모의 방사성 물질 및 실험조건 변화 등의 다양하고 반복적인 실험을 통하여 제염성능을 향상시키고 제염장치의 정확한 제염효율을 확인하고자 한다.

4. 감사의 글

본 연구는 지식경제부 기술혁신사업 중 원자력 발전기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다. (No. 2009T100100645)

5. 참고문헌

[1] Joo Young Park, Yong Ju Choi, Seheum Moon, Do Yun Shin, Kyoungphile Nam, Journal of Hazardous Materials, 163, p761-767, 2009/7, "Microbubble suspension as a carrier of oxygen and acclimated bacteria for phenanthrene biodegradation".
 [2] 방사성 토양 및 콘크리트 제염을 위한 pilot 규모 전기화학세정장치 개발, KAERI/RR-3052/2009.