

## 마이크로 버블 기술현황 및 제염기술 적용 검토

김대환, 김병태, 홍지식, 권기현, 임유경, 김기홍, 조성일, 김위수\*, 이재민\*, 전종선\*

선광원자력안전(주) 부설연구소, 대전광역시 유성구 용산동 553-2

\*(주)에네시스, 대전광역시 유성구 구암동 328

[kdhdd@hanmail.net](mailto:kdhdd@hanmail.net)

### 1. 서론

원자력발전소에서 발생하는 금속 방사성 폐기물의 제염방법은 그 종류와 방사성 핵종 및 오염의 형태가 다양하여 여러 가지 제염 방법들이 연구되어 왔다. 현재 사용되고 있는 금속 방사성 폐기물의 제염 방법으로는 Blush제염, 초음파제염, 고압수제염, 진동제염, 플라즈마제염, Shot Blast제염, 화학제염 및 전해제염 등이 있다. 금속 방사성 폐기물의 제염에 있어 유의해야 할 점은 제염대상물의 종류, 크기, 형상, 방사성 오염의 특성 및 분포 등을 염두에 두어야 하며, 이에 발생하는 2차 폐기물의 양도 고려해야 한다.

본 연구에서는 새로운 방사성 제염방법인 마이크로 버블을 이용한 제염기술에 대해 알아 보고자 한다. 마이크로 버블이란 50마이크로미터 이하로 육안으로 확인할 수 없는 초미세 기포이며, 마이크로 버블의 생성과 소멸과정에서 발생하는 물리적, 화학적 특성으로 금속 방사성 폐기물, 특히 배관재류의 제염 효과를 높일 수 있다.

### 2. 본론

#### 2.1 마이크로 버블

일반 버블은 크기가  $10^{-2} \sim 10^{-3}m$  정도이고 수면위로 빠르게 상승하여 파열되지만, 마이크로 버블은  $10^{-6}m$  이하의 크기이고, 수면위로 천천히 상승하여 파열되며 파열될 때 약  $4,000 \sim 6,000^{\circ}C$ 의 온도,  $20,000 \sim 150,000$ 개의 음이온, 140dB의 높은 음파가 순간적으로 발생한다.

#### 2.2 마이크로 버블을 이용한 제염기술

마이크로 버블은 수중속 미세기포들의 발생과정에서 기포 내부의 압력을 높이거나 표면에 집적한 이온들을 농축시키는 효과가 있고 기포의 소멸 시 프리 라디칼을 발생하여 강력한 화학적인 연쇄분해 반응을 일으킨다.

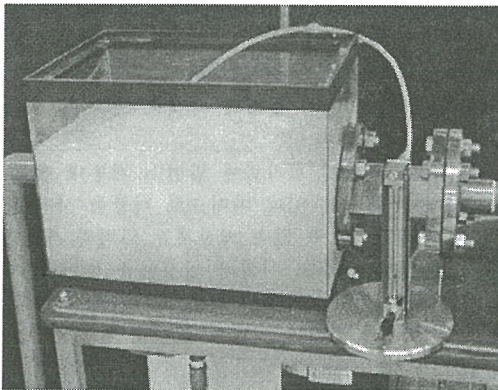


그림1. 마이크로 버블 발생장치

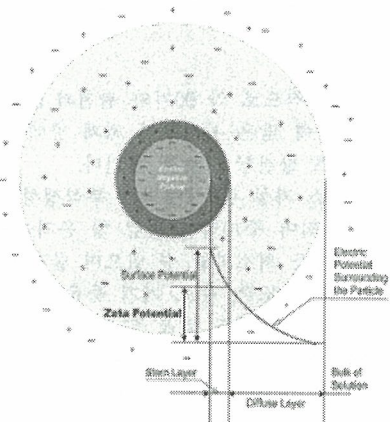


그림2. 기포 주변의 전기적 특성

- 고온, 고압의 마이크로 버블에 의한 침착물의 박리
- OH 라디칼의 생성에 의한 강력한 산화력으로 침착물의 산화분해

## 2.3 마이크로 버블 이용분야

### 가. 미용분야

마이크로 버블의 크기가 모공보다 작아 모공속으로 쉽게 침투하여 모공속의 오래된 각질 등의 노폐물을 세정한다. 또한 마이크로 버블의 미세진동이 피부를 자극하여 탄력있는 피부를 가꾸는데 도움을 주며, 원적외선을 방출하여 체질개선 및 다이어트 효과도 있다.

### 나. 농, 수산물분야

어패류에 충분한 산소 공급과 이끼, 곰팡이 비브리오, 콜레라, 대장균, 이질균 등의 번식을 억제하여 녹조 제거, 수질관리 등을 하여 맛의 개선 및 신선도를 향상시킨다.

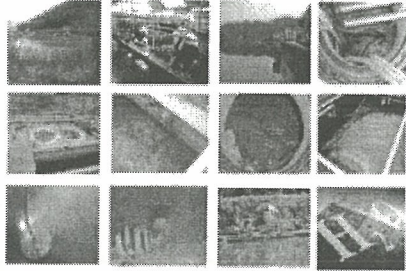


그림3. 하수처리장의 슬러지 및 오염물질 제거

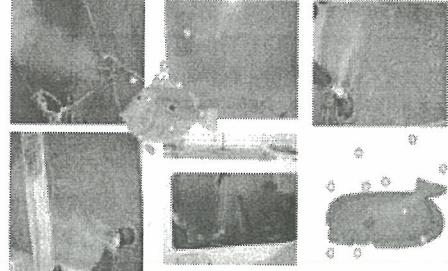


그림4. 굴 등의 수산물과 유기농 농산물의 가공

### 다. 의료분야

초음파와 마이크로 버블(Ultrasonic microbubble : US/MB) 파괴가 특정 부위에 대한 새로운 유전자 전달법으로 제안되어 급성 심근경색(AMI) 환자에게 간세포 성장 인자(HGF) 유전자를 전달하는 새로운 기술이 개발되었다. 마이크로 버블은 현재 초음파 검사 조영제로 이용되어 신체 내부의 공동화(cavitation)에 의한 초음파의 에너지 문턱값을 낮추어주는 역할을 하며, 일시적으로 세포막에 구멍을 내거나 모세관벽을 파괴하여 세포나 세포간질 내부의 공간으로 생물활성 약제들을 전달할 수 있다.

이와 같이 마이크로 버블을 사용하여 특정 기관에 대해 유전자 전달의 최적화를 이룰 수 있다. 또한 원적외선응용평가연구원에서 실시한 실험결과에 따르면 마이크로 버블을 이용하여 대장균, 녹농균, 살모넬라균, 비브리오균이 99.9% 이상 살균 됐다고 한다.

## 3. 결론

현재 전 세계적으로 약 90기의 원전과 50개의 핵연료 주기시설, 200기의 연구로가 가동을 중지하고 있으며, 이들 중에 많은 시설들이 해체 중이거나 해체를 준비하고 있어 원자력 시설의 해체 및 폐연산업이 지속적으로 발전할 것으로 보인다.

원자력발전소 가동 중 생성되는 부식생성물 등이 배관재류 표면에 침착하여 발전소 계통내 유량 흐름을 방해하게 되어 주기적인 점검 및 유지보수를 수행하여야 하는데, 이때 마이크로 버블을 사용하면 화학세정제 사용을 최소화할 수 있으며 물리적인 힘이 쉽게 접근 할 수 없는 배관재류 내벽의 세정기술에 적용할 수 있다. 또한, 주요 기기 등을 제염하여 방사선량을 낮추고 시설의 안정성을 높이며, 작업자 피폭선량의 절감 효과도 얻을 수 있다. 그러나 원자력 시설에 적용하기 위해서는 마이크로 버블의 크기와 버블 유지시간을 최적화한 마이크로 버블 발생장치의 개발과 최대의 에너지 효과를 얻을 수 있는 버블 파쇄방법의 개발이 선행되어야 한다.