

모의 방사성 핵종에 대한 광용발 제염공정 특성

원희준, 바이갈마, 정중현, 문제권, 이근우, 정운수
 한국원자력연구원, 대전광역시유성구 대덕대로 1045
 nhiwon@kaeri.re.kr

1. 서론

작업자의 접근이 어려울 정도의 고 준위 방사능으로 오염된 구역에 대해, 제염공정을 원격 적 용함에 의해 이 지역의 방사선 준위를 낮출 수 있다[1]. 광용발 제염 공정은 레이저를 사용하여 오염원과 오염부위 물질을 원격으로 제거하는 공정이다. 본 연구의 목적은 광용발 제염공정 개념과 제염 인자를 파악하는 데에 있다.

2. 본론

2.1 실험

레이저 발생장치로 프랑스 Quantel 사에서 제작된 Brilliant b를 사용하였다. 본 장치의 반복율은 10 Hz, 펄스에너지는 각각 1064 nm에서 850, 532 nm에서 420 및 355 nm에서 190 mJ/pulse 이다. Beam 직경은 8 mm, 펄스폭은 5.0 ns 이다.

보조 기체로는 질소, 방사성 핵종의 모사를 위해 CsCl, Co(NH₃)₂Cl₂, Eu₂O₃ 및 CeO₂를 사용하였다. 제염 시편으로는 Type 304 stainless steel을 사용하였다.

2.2 제염장치 개요

광 용발 제염장치는 크게 레이저 발생장치, 파장 변경장치(harmonic generation), 레이저 전송장치, 및 레이저 토치로 구성된다. 광용발 토치는 보조 기체를 통과시키기 위한 호스, 발생된 제염 생성물을 포집시키기 위한 여과 장치와 연결되어 있다. 레이저 토치의 위치를 원격으로 조정하기 위해 XY 방향 이송장치와 제염 대상과의 거리를 조절하기 위해 노즐에 의한 Z 축 방향 이송장치로 구성된다. 본 광용발 제염공정에 대한 개요도를 그림 1에 도시하였다.

2.3 실험 결과

2.3.1 제염 장치

레이저 발생장치는 레이저 발생기와 광원 발생

기로 구성되며 harmonic generator 에 의해 1064, 532 및 355 nm 로 파장이 변경되었으며 각 파장에서 펄스에너지를 energy-meter에 의해 측정 한 결과 설계치를 만족함을 확인하였다. 10 Hz의 반복율은 active pulse 와 passive pulse 비율을 조절함에 의해 1~10 Hz 사이로 조절이 가능하였다. 한편, 집속된 beam의 직경은 1~8 mm 범위에서 조절이 가능하였다. 광용발 제염 생성물 포 집장치는 200 nm 이하의 미세 입자를 99.99% 이상 제거하였으며, 실험 중 질소기체의 유속을 잘 조절하였다. 대 면적 적용 용 XY 및 Z 축 stage 는 현재 제작 중에 있다. 시편 표면에 대한 레이저의 동적 광용발 특성을 컴퓨터에 의해 조작되는 소형 XY stage에 대해 평가하였으며 시편에 대해 균일한 식각특성을 보여줌을 알 수 있었다.

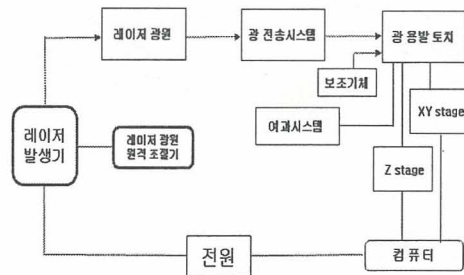


Fig. 1. Schematic diagram of light ablation decontamination process

2.3.2 모사 제염 실험

532 nm 파장에서 이온성 오염원(Co, Cs)과 입자성 오염원(Eu, Ce)에 대해 shot number를 변화시켜가며 제염성능 실험을 수행하였으며 그 결과를 그림 2 에 도시하였다. 제염효과는 Co = Cs > Eu > Ce 의 순서로 나타났으며, 이온성 오염이 입자성 오염보다 쉽게 제거됨을 확인할 수 있었다. 또한 Cs⁺과 Co²⁺ 이온은 42 shot의 조사에 의해 완전 제거된 반면, Eu³⁺과 Ce⁴⁺ 이온은 시간경

과에 따라 서서히 제거되었다.

532 nm 파장에서 각 오염원 별 조사 면에 대해 15° 경사진 상태에서의 제염특성 실험을 수행하였으며 이를 그림 3 에 나타내었다.

조사 각도를 15° 변경함에 따라 lump(분홍색 부분)가 조사 반대편에 발생함을 보여준다. 또한 Cs⁻과 Co²⁺ 이온은 조사 각도 변경전과 마찬가지로 완전히 제거되었으며, Eu와 Ce은 조사 각도 변경에 따라 제거 효율이 증대되었다.

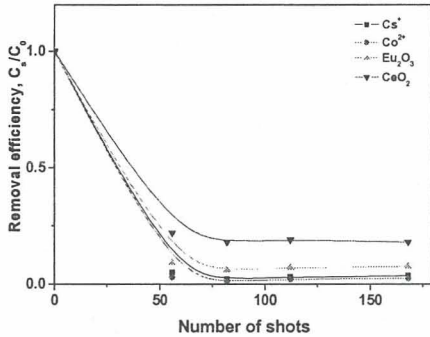


Fig. 2. Removal efficiency versus number of laser shots for 4 kinds of simulated radioactive specimens (14 shots/sec and 11.54 J/cm²).

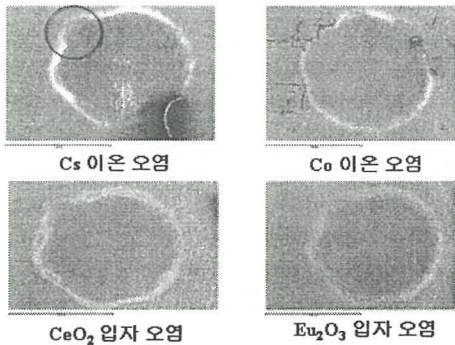


Fig. 3. SEM micrographs after 84 shots of laser irradiation, 15° inclination from the perpendicular direction (14 shots/sec).

3. 결론

광용발 제염공정의 원격적용을 위한 연구가 수행되고 있다. 본 제염공정은 방사성 오염물 자체가 근원적으로 제거될 뿐만 아니라 발생하는 이차폐기물의 양도 무시할 만하므로 최근에는 적용

을 위한 연구가 활발히 수행되고 있다. 본 연구를 통해 제염 공정에 영향을 미치는 인자들 중 조사 각도도 중요함을 파악하였으며 광용발 제염공정의 개요를 나타내었다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 중장기 연구사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] 원휘준 등, “사용후핵연료 건식재활용시설의 개보수를 위한 제염방안 도출”, KAERI/RR-3067/2009(2010).