

## 방사능 오염시설의 광용발 제염 생성입자 포집특성

정중헌, 원휘준, 문제권, 이주영, 바이갈마, 이근우  
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

nchjung@kaeri.re.kr

### 1. 서론

사용후 핵연료 등과 같은 고방사성 물질을 취급하는 시설 내부는 일정한 방사성 준위를 유지해야하고 작업자의 유지보수나 대대적인 refurbishment를 위해서는 시설 내 방사성 오염물질을 제거하는 제염공정이 필요하므로, 화학적 제염, 물리적 제염 및 전기적 제염 등과 같은 다양한 제염공정이 개발되어 사용 중에 있다. 최근에는 제염 후 발생하는 2차 방사성 폐기물의 양을 최소화할 수 있고 오염부위만을 선택적으로 제거할 수 있는 건식제염 공정이 개발 중에 있으며, 특히 건식 제염공정 중에서도 제염 효과가 우수하고 원격작용이 용이하며 2차 방사성 폐기물 발생이 거의 없는 레이저 광을 사용한 광용발 제염공정 연구가 집중되고 있다. 광용발 제염 적용이 효과적이기 위해서는 제염 시 발생된 입자를 제염과 동시에 포집하여 오염의 비산으로 인한 재오염을 방지하는 것이 필요하므로 광용발 제염 생성입자 포집기술에 대한 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 광용발 제염 시 발생하는 생성입자의 특성을 조사하고 이를 효과적으로 포집할 수 있는 여과체에 의한 포집특성을 조사함으로써 효율적인 광용발 제염 생성입자 포집시스템을 구축하고자 하였다.

### 2. 실험 및 결과

광용발 제염장치의 광원으로 Q-switched pulse type Nd:YAG 레이저를 사용하였고, 광원의 파장은 532 nm, 펄스폭 8 ns, 반복율 14 Hz, 펄스에너지는 150 mJ이며, Nd:YAG 레이저로부터 방출된 빔 직경은 약 2mm이었다. 오염모재로는 고방사성 시설의 재료로 흔히 사용되는 SUS 304와 콘크리트를 사용하였고, 모재표면에 Co와 Cs 이온을 침적시켜 이온성 오염시편을 제조하였으며, Eu와 Ce 입자를 부착시켜 입자성 오염시편을 제조하였다. 밀폐된 Pyrex chamber 내에 제조한 시편을 고정시킨 후 레이저 빔을 일정시간 조사시키면서 UCPC(TSI model 3025A)와 electrostatic classifier(TSI model 3080)로 구성된 SMPS를 사용하여 광용발 생성입자의 크기와 발생 입자의 수농도 등을 측정함으로써 광용발 제염 생성입자의 크기분포와 HEPA filter(PALL model A/E)의 포집율을 측정하였다. SMPS에 의해 측정가능한 입자 크기 범위와 scanning time은 각각 6-220nm와 1분으로 (up scan 50s, down scan 10s)설정하였으며, 흡입유량은 0.38 lpm으로 하였다.

레이저 fluence의 증가에 따라 입자의 발생량이 증가하였으며, 예상한대로 SUS 304 금속보다는 콘크리트의 광용발 제염 시 보다 많은 제염생성 입자가 발생되었다. SUS 304 금속 오염에 대한 광용발 제염 생성 입자의 기하학적 평균크기는 그림 1에서 알 수 있듯이 70-80nm의 범위를 나타내어 오염 종류에 대해 큰 차이는 없으나(Co와 Cs의 이온성오염: 70nm, Eu과 Ce의 입자성오염: 80nm) 입자성오염의 경우 발생 입자량이 3배 이상 많았다. 다공성 콘크리트로부터 생성된 입자크기는 그림 2와 같이 SUS 304 금속 표면 생성입자와 유사한 크기분포 특성을 나타내었으나 발생 입자량은 2배 이상 많은 것으로 관찰되었다.

광용발 제염 생성입자의 포집특성을 조사하기 위해, SUS 304 표면에 침적시킨 금속성 오염시편과 시멘트의 표면에 Cs을 오염시킨 콘크리트 시편에 레이저 빔을 조사시켜 발생한 광용발 제염 생성물 입자를 포집시스템의 HEPA filter (여지: PALL Model type A/E)에 통과시켜 포집 전·후의 입자 수 농도를 SMPS로 측정하여 포집효율을 평가하였다. 그림 3과 4에서 알 수 있듯이 모재종류와 오염특성에 상관없이 99.4 - 99.9%의 포집율을 나타내었으나, 다른 미립자 크기에 비해 70-200nm 크기의 입자에 낮은 포집효율을 보이는 HEPA filter의 포집 특성을 보완하기 위해 주 포집 시스템인 HEPA filter의 후단에 100nm범위 크기의 입자 포집에 효과적인 ULPA filter를 설치한 개선된 입자 포집시스템을 구성함으로써 제염된 오염입자의 비산을 방지하여 광용발 제염의 효율성을 제고할 수 있을 것이다.

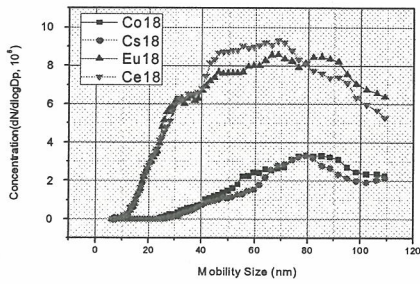


Fig. 1. PSD for laser ablation on various radionuclides embedded SUS 304

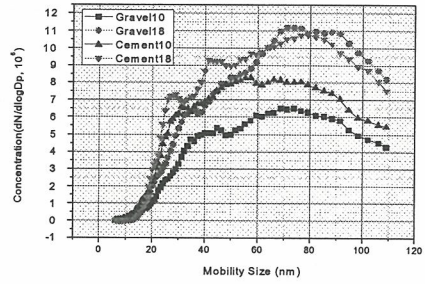


Fig. 2. PSD for laser ablation on various radionuclides embedded concrete

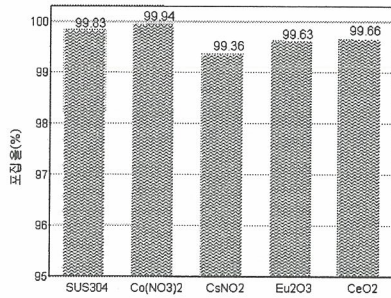


Fig. 3. Collection efficiency of HEPA for decontamination particles on SUS 304 and ionic nuclides embedded SUS 304

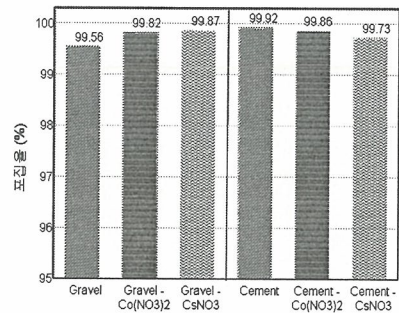


Fig. 4. Collection efficiency of HEPA for decontamination particles on concrete and ionic nuclides embedded concrete

### 3. 결론

광용발제염 시 오염 확산 억제를 위해 제염생성 입자의 발생과 동시에 포집할 수 있는 입자 포집 시스템을 개발할 목적으로 광용발 제염 생성입자 크기를 SMPS로 측정된 결과, 생성 입자의 기하학적 평균 크기는 약 70-80nm로서, 20-200nm의 나노 크기의 분포를 나타내었다. 또한 이들 생성물 입자에 대한 HEPA filter의 포집율 측정 결과 99.4-99.9%를 나타내었다. 그러나 광용발 제염생성입자 크기가 HEPA filter에 의해 포집이 어려운 크기의 범위이므로 주 포집 filter인 HEPA filter의 후단에 100nm 범위 크기의 입자 포집에 효과적인 ULPA filter를 설치함으로써 다양한 오염에 대해 99.9% 이상의 포집효율을 얻고자 하였다.