

겔 화학 제염에 의한 방사성 핵종 제거특성

정중현, 원희준, 문제권, 이근우, 김창기
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
nchiung@kaeri.re.kr

1. 서론

제염 화학용액의 분사에 의한 방사선 오염의 현장제염은 다량의 제염폐액을 발생시키고 제염대상과의 짧은 접촉시간 때문에 제한된 제염효율을 나타낸다. 따라서 화학 제염제에 화학적으로 불활성이고 비표면적이 큰 미세 고체형태의 점도성 겔화제로 구성된 점도성 제염용액을 사용한 겔 화학 제염기술 개발이 이루어졌다[1]. 용액과 달리 이러한 겔의 분사는 경사지거나 수직한 대면적 금속표면의 현장제염을 가능하게 할 수 있다. 특히 화학제염에 비해 접촉시간의 조절을 통한 재료부식 특성을 조절할 수 있으며 스테레스 강, 합금 및 도막 표면 등 다양한 모체에 형성된 오염을 해체없이 현장에서 제거할 수 있다[2-3]. 따라서 화학제염이 갖는 높은 제염효과를 유지하면서 단점인 폐기물 발생을 보완함으로써 비교적 대면적의 현장 제염에 효율적으로 이용할 수 있는 기술이다.

그러나 효과적인 겔 화학제염기술을 개발하기 위해서는 겔화제와 제염화합제와의 물리화학적 적합성, 겔 화학제염제의 분사와 오염 표면에의 점착 거동 최적화를 위한 제염제의 유변학적 특성조절과 제염 후 폐기물의 진공흡입이 가능한 형태의 오염 건조 및 균열거동 등 제반의 영향인자를 고려하여야 한다.

본 연구에서는 폐기물 발생 측면에서 유리한 유기겔을 기초로 하고 착화제를 제염제로 사용하여 방사성 핵종의 제염특성을 조사하였다.

2. 본론

대표적 오염핵종인 Cs의 제염거동을 조사하기 위해 비방사성 surrogate (CsCl)를 스테레스 강 304 표면에 균일하게 분산시켜 오염시편을 제조하였다. 겔 화학제염제는 점성을 유지하기 위한 겔화제에 화학 제염제를 첨가하여 제조하였다. 겔

화제로는 수용성 합성 고분자인 polyvinyl alcohol (PVA)에 필요한 고분자 량을 줄일 수 있는 화학 첨가제로 구성되었다. 제염제로는 oxalic acid, citric acid 등의 착화제를 2 wt% 미만의 농도로 첨가하였다. 95 °C의 온도에서 겔 형성제를 용해시킨 후 첨가제와 제염제를 혼합하여 겔 화학 제염제를 제조하였으며 이 겔 제염제를 Cs 오염 시편에 균일 분산시켜 3 시간 동안 제염시킨 후 연속 sheet 형태로 제거하였다. 이후 표면을 탈염수로 세척하여 제염 전·후의 무게측정을 통해제염거동을 파악하였다. 아울러 제조된 겔 화학제염제의 점도와 시간에 따른 겔 점착특성을 조사하였다.

Fig. 1에 표시된 오염농도에 따른 겔 화학 제염을 실험결과에서 알 수 있듯이, 0.01 g/cm²의 Cs 오염에 대한 제거율은 98-99 % 이상인데 반해 0.0025 g/cm²의 오염에 대해서는 이보다 낮은 96-98 %의 제거율을 나타내어 오염도에 따른 제염 효과가 차이가 있음을 알 수 있다. 또한 표면 조도에 따른 제염실험 결과 연마표면에 형성된 오염의 제거율이 미연마 표면 오염에 비해 제염 효과가 높았는데 이는 표면 조도가 낮을수록 겔 유체의 젖음성이 양호해진 때문으로 생각된다.

겔화제의 농도변화에 따른 제염거동은 Fig. 1에서 보듯이, 겔 형성제와 첨가제의 농도비 뿐만 아니라 폐기물량의 발생에 큰 영향인자인 겔 형성제의 양이 첨가제의 양에 비해 겔 화학 제염거동에 중요함을 알 수 있다.

또한 PVA 기초의 겔 화학제염제를 미연마 스테레스 강 표면에 도포시킨 후 시간 경과에 따른 겔의 부착력 시험결과, 겔 화합물은 초기 5분 경과 후 약 30 %의 무게감소를 나타내었으나 이후 감소량이 점차 둔화되어 3시간의 제염 후에는 초기값 대비 50 % 이내의 무게감소를 나타냄으로써 도포 후 오염 금속 표면에 효과적으로 점착되는 것을 확인할 수 있었다. 특히 PVA 농도가 증가한 경우 점착 성능이 보다 우수함을 알 수 있다.

겔 화학제염제로 도포된 제염 전의 오염시편과

제염 후 건조시켜 제거된 gel에 포집된 Cs 및 시편 표면에 대해 나타낸 Fig. 2에서 보듯이 외견상으로도 효과적으로 제염되었음을 알 수 있다.

3. 결론

기존 화학제염이 갖는 높은 제염효과를 유지하면서 화학제염의 단점인 폐기물 발생을 크게 저감할 수 있는 특징을 갖는 겔 화학제염 기술을 개발하여 대면적의 현장 제염에 이용하기 위한 연구로서, 유기겔을 기초로 하고 착화제를 제염제로 사용하여 Cs 방사성 핵종의 제염특성을 조사하였다. 수용성 합성 고분자인 polyvinyl alcohol (PVA)과 화학 첨가제로 구성된 겔화제에 2 wt% 미만의 농도로 착화제를 첨가하여 제조된 겔 화학제염제를 사용하여 3시간 이내의 비교적 짧은 제염시간을 통해 0.0025 g/cm²의 농도 이상의 Cs 오염에 대해 약 97 % 이상의 제거율을 얻을 수 있었다.

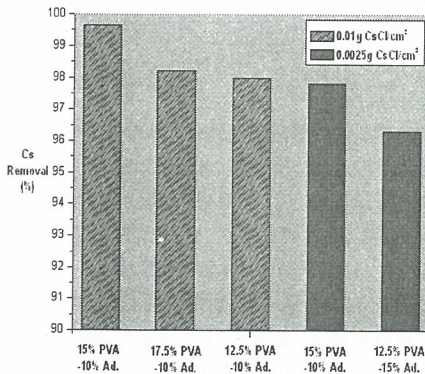


Fig. 1. Removal of Cs with variation of gel fluid formulation.

향후 보다 효율적인 겔 화학제염기술을 개발하기 위해 겔화제와 화학 제염제와의 적합성 시험에 의한 부식 및 용해 거동의 최적화, 겔 화학제염제의 유변학적 물성조절에 의한 겔 화학제염제의 분사와 오염 표면에의 점착 거동 최적화 및 제염 후 폐기물의 건조 및 균열특성에 대한 거동 파악 등을 수행할 예정이다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 중장기계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

[1] G. Jean-Paul, et. al., "Gel decontamination et son utilisation pour la decontamination radioactive de surfaces" FR-A-2656949, 1990
 [2] A. Purohit et. al., "Method for the decontamination of metallic surfaces" US 650407, 2003
 [3] S. Faure, "Innovative Processes for nuclear decontamination solids" (Exchange meeting between KAERI-CEA, 2008

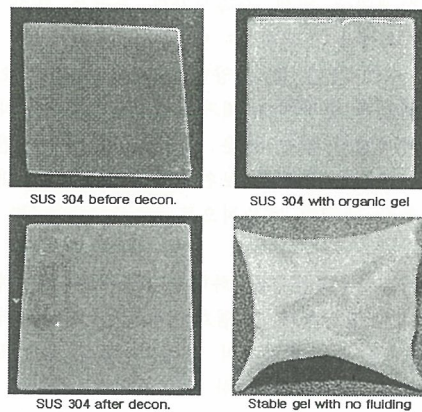


Fig. 2. Removal of Cs with organic gel.