

무기 겔 화학제염제의 겔화 특성

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

1. 서론

화학적 용해나 산화·환원반응에 의한 높은 제염효과를 나타내는 화학제염기술은 2차 처리가 필요한 다량의 폐액을 발생함으로써 현장 제염기술로서 사용이 제한된다. 따라서 제염대상과 제염매개체 사이의 접촉시간을 증가시킴으로써 기존 화학 제염기술이 갖는 고유의 제염능보다 큰 제염능을 유지하면서 처리가 용이한 형태로 적은 양의 폐기물만이 발생하는 겔 화학제염기술의 개발이 이루어졌다. 즉 화학적으로 불활성이고 비표면적이 큰 미세 고체형태의 점도성 겔화제로 구성된 점도성 제염용액을 사용한 겔 화학제염기술은 경사지거나 수직한 대면적 표면의 현장제염을 가능하게 하며 특히 접촉시간 조절을 통한 재료부식을 제어할 수 있으며 스텐레스 강, 콘크리트 및 도막 표면 등의 다양한 모체에 형성된 오염을 해체없이 현장에서 제거할 수 있다[1-3].

효과적인 겔 화학제염기술을 개발하기 위해서는 겔화제와 제염화학제와의 물리화학적 적합성, 겔 화학제염제의 분사와 오염 표면에의 점착 거동 최적화를 위한 겔 화학제염제의 유변학적 물성조절과 제염 후 폐기물의 완전 수거가 가능토록 오염 건조 및 박리거동 등의 영향 인자를 고려하여야 한다.

본 연구에서는 고방사능 시설에서의 내방사능 안정성이 우수한 무기겔 제염제의 유변학적 점도 변화, 점착능 및 박리특성을 포함한 겔 제염제의 겔화특성을 조사하였다.

2. 본론

비방사성 Cs surrogate (CsCl)를 스텐레스 강 304 표면에 균일하게 분산시켜 오염시편을 제조하였다. 겔 화학제염제는 점성을 유지하기 위한 겔화제에 화학 제염제를 첨가하여 제조하며, 겔화제로는 pyrogenated silica인 M-5(Cab-O-Sil Co.)에 polyoxyethylene glycol ether계의 surfactant를 혼합하여 제조하였다. 제염제로는 강산에

서 안정화시킨 Ce(IV)염을 1.0 M 미만의 농도로 첨가하였다.

겔 제염제의 분사 전과 분사 후를 모사한 전단율에 따른 유변 특성을 제조된 겔 제염제의 조성에 따라 조사하였다. 분사 후 접촉시간에 따른 겔 제염제의 제염 표면 잔류량을 측정하여 겔 제염제의 점착특성을 조사하였다. 또한 제염 후 오염을 포함한 겔 생성물의 건조시간과 균열크기를 측정하여 겔 생성물의 박리특성을 조사하였다.

겔 제염제의 분사 전과 분사 후의 전단율을 각각 85/s와 0.34/s로 모사하여 겔 제염제의 조성에 따른 유변 특성을 Fig. 1에 나타내었다. 분사 전의 점도는 겔화제의 조성에 따라 150-620 cP의 범위를 나타내었으며, 5wt %의 M-5와 0.5wt %의 surfactant가 혼합된 겔 제염제 외에는 당초 설정한 겔화제의 점성조건인 500 cp를 만족하였다. 분사후의 낮은 전단율에서의 점도는 실험한 네 종류의 제염제 조성 모두 당초 설정조건인 5000 cp 이상을 만족하였다. 따라서 3wt %의 무기 겔형성제와 1wt %의 surfactant가 혼합된 겔 화학제염제 조성이 분사 및 점착 특성 및 생성 폐기물 저장 면에서 가장 효과적이었다.

경사면의 제염대상에 분사된 제염제가 누출없이 효과적인 점착특성을 나타내기 위해서는 분사 후 겔 제염제의 빠른 점성 회복이 필요하며 이 거동은 점성 회복시간으로 평가할 수 있다. 겔 제염제의 조성에 따른 Rheogram을 나타낸 Fig. 2에서 알 수 있듯이, 겔화제의 조성에 따라 점성 회복시간이 약 3-8초로 비교적 효과적인 Thixotropic 거동을 나타내었다. 특히 3wt % 무기 겔형성제와 1.5wt % surfactant가 혼합된 겔제염제와 7wt % 무기 겔형성제와 0.1wt % surfactant가 혼합된 겔제염제는 점성회복시간이 3초로서 매우 빠른 점성 회복거동을 나타내었다.

또한 분사 후 3시간의 제염 시간에 따른 겔 제염제의 제염표면 잔류량을 측정하여 겔 제염제의 점착특성을 조사한 결과, 초기 겔 화학 제염제량의 96 % 이상이 잔류되어 매우 양호한 점착 특성을 확인할 수 있었다.

제염 후 오염핵종이 포함된 겔 생성물의 박리 특성을 조사하기 위해 겔 제염제의 조성에 따른 균열크기를 측정하여 Fig. 3에 나타내었다. 65%의 습도와 약 27°C 온도 조건에서 건조시간은 겔 제염제의 조성에 상관없이 평균 20hr으로 유사하였다. 그러나 균일한 균열 생성에 의한 원활한 박리를 위해서는 7wt % 농도의 무기 겔형성제와 0.5wt % 이상의 surfactant 농도가 요구되었다.

3. 결론

기존 화학제염이 갖는 높은 제염효과를 유지하면서 폐기물 발생을 저감할 수 있는 대면적의 현장 제염에 적용 가능한 겔 화학제염 기술 개발의 일환으로서, Si 무기겔에 Ce(IV)염을 혼합한 겔 화학제염제의 겔화 특성을 조사하였다.

- 3wt %의 무기 겔형성제와 1wt %의 surfactant가 혼합된 겔 화학제염제 조성이 효과적인 분사 및 점착 특성을 나타내었다.
- 건조 및 균일한 균열 생성을 통한 원활한 박리 특성 만족을 위해서는 7wt % 농도의 무기 겔 형성제와 0.5wt % 이상의 surfactant 농도가 요구되었다.

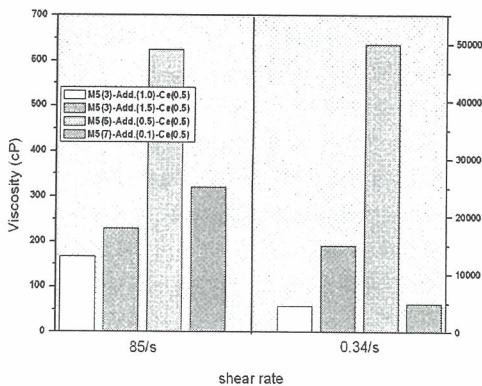


Fig. 1. Rheological property with variation of gel fluid formulation

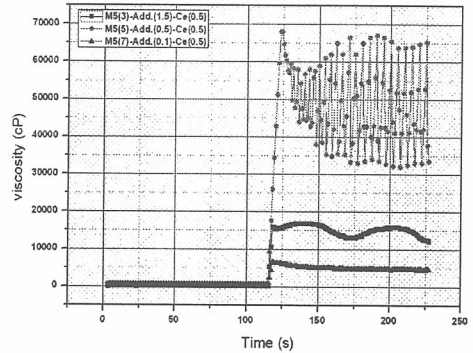


Fig. 2. Rheograms of various gels: shearing for 120s at 85 s⁻¹ followed by shearing for 120s at 0.34 s⁻¹

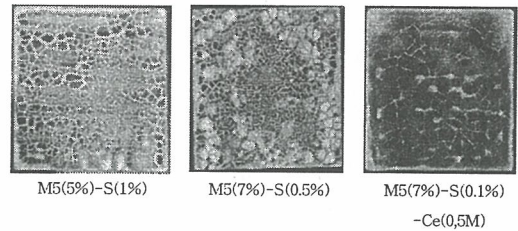


Fig. 3. Photography on cracking of various gels

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 중 장기계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

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