

실리카 겔 화학제염제의 점도 및 방사성핵종에 대한 제염특성

김창기, 정중헌, 최왕규, 원휘준, 문제권

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

nchiung@kaeri.re.kr

1. 서론

화학 제염기술은 화학적 용해나 산화·환원 반응에 의한 높은 제염 효과를 나타내는 반면 다량의 폐액을 발생시키고, 수직 혹은 경사 표면에 적용하기 어려운 단점이 있다. 따라서 폐액 발생을 억제할 수 있으며, 경사진 표면의 제염에 용이하고, 제염대상과 제염 매개체 사이의 접촉시간을 증가시켜 기존 화학 제염기술이 갖는 제염능을 보다 향상시킬 뿐만 아니라 처리가 용이한 형태로 적은 양의 폐기물만이 발생하는 겔 화학제염 기술의 개발이 이루어졌다. 화학적으로 불활성이고 비표면적이 큰 미세 고체 형태의 점도성 겔화제로 구성된 점도성 제염용액을 사용한 겔 화학제염 기술은 높은 점도를 이용하여 경사지거나 수직한 대면적 표면의 현장제염을 가능하게 하며 특히 접촉시간 조절을 통한 재료 부식을 제어할 수 있고 스텐레스 강, 콘크리트 및 도막 표면 등의 다양한 모재에 형성된 오염을 해체없이 현장에서 제염할 수 있다 [1-3].

겔 화학 제염제는 주 점성제, 점성조제 및 화학제염제로 구성되며, 주 점성제는 제염제의 점도를 높이고, 소량 첨가되는 점성조제는 주 점성제의 양을 저감시키는 역할을 한다.

본 연구에서는 고 방사능 시설에서의 내 방사능 안정성이 우수한 무기 겔 화학 제염제를 제조하는데 있어, 여러 가지 점성조제 (PEG계 계면활성제)가 제염제의 점도특성 및 제염능에 미치는 영향에 대해 조사하였다.

2. 본론

본 연구에서는 무기 겔 화학제염제의 제조 시 점성 조제의 종류에 따른 제염제의 유변학적 특성, 제염성능을 비교하여 무기 겔 화학제염제의 제조 조건을 도출하고자 하였다.

겔화제는 주 점성제와 주 점성제의 함유농도를 낮추기 위한 점성조제를 혼합하여 제조하였다. 주 점성제로는 산성 매질에서 안정하고 Al에 비

해 소량으로 동일한 유변학적 특성조질이 가능한 건식 Si (pyro Si)를 6 wt.%의 농도로 사용하였다. 점성조제로는 화학적으로 안정하고 용해성 조질이 용이한 비이온성 점성조제 중 강산성 매질 내에서 CMC농도를 1/10 이상 감소시킬 수 있는 PEG계 점성조제 중 Table 1에 나타난 비이온 계면활성제를 사용하였으며, 점성조제의 농도는 0.5 wt.%에서 실험을 수행하였다.

0.5 M의 Ce(IV)을 고농도 질산 용액에 용해시켜 제조한 제염제에 겔화제를 일정 농도로 첨가·혼합하여 무기 겔 화학 제염제를 제조하였다.

겔 화학제염제의 점도는 Brook field사의 점도 측정기 (R/S-CPS plus)를 사용하여 측정하였다. Fig. 1에 나타난 실험결과에서 알 수 있듯이 제염제의 점도는 점성조제의 종류에 따라 크게 변하였으며 특히, propylene glycol의 수가 증가할수록, 그리고 소수성기인 알킬체인의 길이가 길어질수록 점도가 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 TPGDDE의 경우 알킬체인의 길이가 길어졌음에도 불구하고, Table 1에서 볼 수 있듯이 소수성기와 친수성기의 비율을 나타낸 HLB값이 상대적으로 다른 계면활성제에 비해 낮아 용액 내에 점성조제를 균일하게 분산시키기 어렵기 때문에 낮은 점도 특성을 나타내었다.

제조된 겔 화학제염제의 제염특성을 알아보기 위해 조도를 달리한 세 종류의 SUS 304 시편 (polished 시편 표면조도 : 0.080 μm , non-polished 시편 표면조도 : 0.144 μm , rough 시편 표면조도 : 3.351 μm)을 Co-60와 Cs-137의 방사성 핵종으로 오염시킨 뒤 제염전의 오염 농도를 측정하였으며, 표면에 겔 제염제를 도포하여 일정 시간 제염 후 건조 및 탈리하여 제염 후 방사능 농도를 MCA를 사용하여 측정하였다. 제염전 오염 농도와 제염후의 오염농도를 이용하여 Co-60와 Cs-137 핵종에 대한 제거율과 제염계수 (DF)를 산정하였다. Fig. 2는 TPGBE 점성조제를 사용하여 제조된 겔 제염제의 SUS 304 표면 조도별 제염특성을 결과로써, 겔 화학제염제는 표면 조도가 높을수록 제염율이 감소하였고, rough 시편에 형성된 Cs제염 외에는 95% 이상의 높은 제염율을

나타내었다. DGHE 및 TPGDDE 점성조제가 함유된 제염제의 경우에도 이와 유사한 제염특성을 나타내었다.

3. 결론

기존 화학 제염이 갖는 높은 제염효과를 유지하면서 폐기물 발생을 저감할 수 있는 대면적의 현장 제염에 적용 가능한 겔 화학제염 기술개발의 일환으로서, Si 무기겔에 Ce(IV)염을 혼합한 겔 화학제염제의 겔화 및 방사성 핵종제염 특성을 조사하였다.

6 wt.%의 pyro Si 주 점성제에 0.5 wt.% 점성조제를 혼합한 Ce 겔 제염제는 점성조제의 종류에 따라 큰 점도 차이를 나타내었으며, propylene glycol의 수와 알킬체인의 길이가 길어질수록 점도가 증가하였다. 그리고 제조된 겔 제염제는 Co-60와 Cs-137 핵종에 대해 대부분 95% 이상의 높은 제염특성을 나타내었다.

Table 1. Properties of nonionic surfactant.

| PEG계 점성조제 | | HLB |
|-----------------------------------|----------|------|
| Propylene glycol | (PG) | 20.0 |
| Dipropylene glycol | (DPG) | 20.0 |
| Tripropylene glycol | (TPG) | 20.0 |
| Propylene glycol methyl ether | (PGME) | 16.7 |
| Dipropylene glycol methyl ether | (DPGME) | 18.0 |
| Tripropylene glycol methyl ether | (TPGME) | 18.5 |
| Propylene glycol propyl ether | (PGPE) | 12.7 |
| Dipropylene glycol propyl ether | (DPGPE) | 15.1 |
| Tripropylene glycol propyl ether | (TPGPE) | 16.3 |
| Propylene glycol butyl ether | (PGBE) | 11.4 |
| Dipropylene glycol butyl ether | (DPGBE) | 14.0 |
| Tripropylene glycol butyl ether | (TPGBE) | 15.4 |
| Tripropylene glycol dodecyl ether | (TPGDDE) | 10.6 |

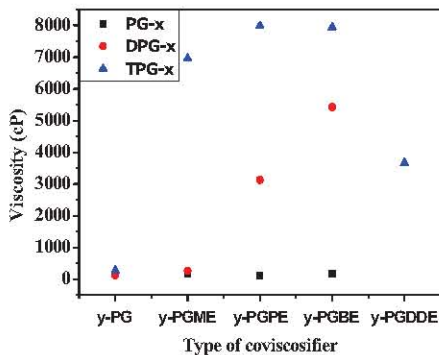


Fig. 1. Viscosity properties for the structure of coviscosifier.

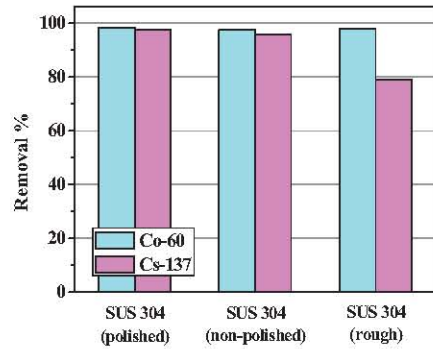


Fig. 2. Decontamination property of the chemical decontamination gels.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 중장기 계획사업의 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.