

점성조제의 구조에 따른 실리카 기조 겔 화학제염제의 점도변화 연구

윤석본, 김창기, 정중헌, 최병선, 이근우, 문제권

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

sbymoon@kaeri.re.kr

1. 서론

일반적으로 원자력시설의 표면에 존재하는 오염물질을 제거하기 위한 방법으로 이용되고 있는 제염용액 사용기술은 고농도 방사성 오염물질의 제거에 적합한 방법으로 잘 알려져 있다. 그러나 원자력 시설의 제염은 정상 가동뿐만 아니라 복잡한 장비의 해체 동안에 방사선장을 줄이는 것이 필요한데, 오염물질이 접근하기 어려운 시설에 위치하고 있는 경우, 시설 내부의 복잡한 구조 및 장비의 구성으로 인하여 기존 용액 제염 공정 사용에는 어려움이 있다.

최근, 화학 용액 제염기술의 장점인 화학적 반응에 의한 높은 방사성 오염물질 용해특성을 유지하면서 화학제염 기술의 단점인 폐액 발생을 최소화하고, 수직 또는 경사 표면에 존재하는 오염물질을 쉽게 제염할 수 있는 겔 화학제염제 제조에 대한 연구가 보고되고 있다 [1-3]. 주점성제로 실리카, 점성제로 계면활성제, 그리고 화학제염제로 구성된 실리카 기조 겔 화학제염제는 이들이 갖고 있는 높은 점도를 이용하여 오염물질과의 장시간 접촉을 통하여 제염효율을 높일 수 있는 제염기술이다. 실리카 기조 겔 화학제염제의 제조에 있어서, 점도를 높이기 위한 방법은 실리카 기조 겔 화학제염제를 구성하고 있는 성분 중 점성조제에 대한 영향이 큰 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 점성조제의 구조에 따른 실리카 기조 겔 화학제염제의 점도변화에 대한 영향을 실험적으로 평가하였다.

2. 본론

2.1 실리카 기조 겔 화학제염제의 제조

점성조제의 구조에 따른 실리카 기조 겔 화학제염제의 점도변화를 알아보기 위해, 화학제염제 (0.5 M $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6$ in 2.0 M HNO_3 용액)를 포함하는 반응용기에 주점성제인 실리카를 넣고 30 분 동안 교반한 후, abs. EtOH에 점성조제를 용해시켜 준비한 혼합용액을 반응용기에 첨가하

고 3 시간 동안 교반하여 준 다음, 제조된 실리카 기조 겔 화학제염제의 점도를 측정하였다. 본 연구에서는 다양한 점성조제들 중, 우수한 점도특성 및 요변특성 (thixotropic property)을 보이는 점성조제로써 비이온성 계면활성제로 tripropylene glycol propyl ether (TPGPE)와 tripropylene glycol butyl ether (TPGBE)의 양을 조절하여 점도변화를 조사하였다. Fig. 1은 사용된 점성조제의 화학구조를 보여주고 있다.

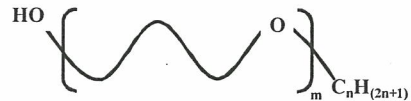


Fig. 1. Chemical structure of the coviscosifier. ($m = 1 - 3$ and $n = 0 - 4$)

2.2 점성조제의 구조에 따른 점도특성

다양한 구조의 점성조제를 이용하여 제조된 실리카 기조 겔 화학제염제의 점도변화를 Fig. 2에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이, 점성조제의 비극성 알킬사슬이 없고 친수성 propylene glycol의 개수만 증가한 경우와 비극성 알킬사슬의 길이가 증가하여도 propylene glycol의 개수 ($m < 3$)가 작을 경우에는 0.5 Pa·s 미만의 매우 낮은 점도를 나타내었다. 그러나 비극성 알킬사슬의 길이가 증가하고 propylene glycol의 개수 ($m = 3$)일 때 점도가 급격히 증가함을 볼 수 있다. 이러한 결과로부터 실리카 표면에 존재하는 -OH 그룹과 점성조제의 propylene glycol 계열과의 수소결합 및 비극성 알킬사슬 사이에서의 소수성 인력에 의해서 점도가 증가됨을 알 수 있었다. 특히, 수소결합보다는 소수성 인력이 겔의 점도에 더 큰 영향을 미치고 있음을 확인하였다.

2.3 점성조제의 양에 따른 점도특성

실리카 기조 겔 화학제염제를 이용한 방사성오염물질 제거의 경우에 있어서, 겔은 수직 표면에서 흘러내리지 않고, 오염표면에 용이하게 분사를 할 수

있도록 일정한 범위의 점도를 가져야 한다. 즉, 오염 물질과 화학제염제 사이의 접촉시간을 증가시켜 제염효과를 높이기 위해서는 겔이 우수한 요변 특성을 가져야 한다.

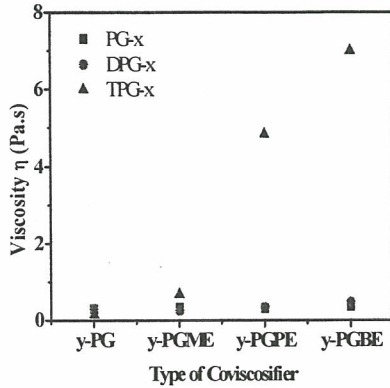


Fig. 2. Viscosity for the silica-based chemical gel decontaminants prepared by using the coviscosifiers with various structures (where, x = methyl ether (ME), propyl ether (PE), and butyl ether (BE) and y = di- (D) and tri- (T), respectively).

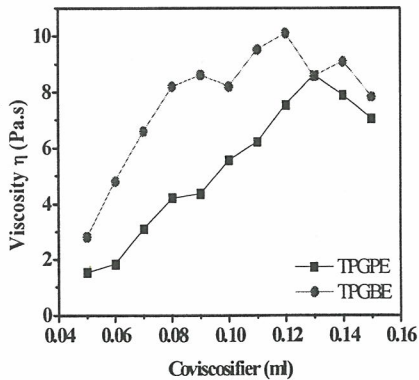


Fig. 3. Viscosity for the silica-based chemical gel decontaminants prepared by varying the amount of the TPGPE (■) and TPGBE (●) as coviscosifiers.

Fig. 3은 TPGPE와 TPGBE의 양을 변화시켜 제조된 실리카 기초 겔 화학제염제의 점도특성 결과를 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이, 점성조제의 양이 증가할수록 점도가 증가하고 있음을 확인하였고,

TPGPE와 TPGBE의 양이 각각 0.13 ml과 0.12 ml 일 때 가장 높은 점도 값을 나타내었다.

3. 결론

본 연구에서는 실리카 기초 화학 겔 제염제의 제조에 있어서 점성조제의 구조에 따른 겔 형성에 대한 영향을 조사하였다. 겔의 점도는 점성조제의 친수성 부분 (propylene glycol 계열)과 실리카 표면에 존재하는 -OH 그룹과의 수소결합 및 점성조제의 비극성 알킬사슬 사이에서의 소수성 인력에 의해서 영향을 받고 있음을 확인할 수 있었으며 특히, 수소결합보다는 소수성 인력이 더 지배적임을 알 수 있었다. 또한, 가장 효과적인 요변특성을 나타내는 각 점성조제의 최적 첨가량을 포함한 제조조건을 도출하였다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 중장기 계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] US Patent, US 2006/0217584 A1, 2006
- [2] US Patent, US 2008/0228022 A1, 2008
- [3] 한국방사성폐기물학회, 2011년 춘계학술발표회 학술논문요약집, pp.215-216, 2011