

방사성 오염 토양 고정화를 위한 PEC 제조 및 물리화학적 특성 고찰

최혜민, 양희만, 이근우, 서범경, 문제권

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

chm2005@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력시설의 중대사고 시에 오염 사고 발생 초기에 오염물질을 신속하게 차단하여 오염의 확산을 억제함으로써 추가적인 오염을 방지하는 기술이 필요하다. 체르노빌 원전 사고 시에 일부 기술들을 오염 현장에 직접 적용하였으나, 실제적인 효과는 얻지 못하였으며, 현재 후쿠시마 오염 사고 이후 현장 적용이 가능한 다양한 기술들을 개발하여 적용성을 시험하고 있는 중이다. 이 같이 원자력시설의 사고 초기에 오염의 확산을 막기 위해서는 오염물을 고정화하는 것이 요구되며, 이러한 고정화는 표면에 존재하는 방사성 오염물들을 화합물 등을 사용하여 표면과 접촉시키는 것이다. 이러한 고정화에 의하여 바람이나 물리적인 충격에 의한 입자들이 다시 공기 중으로 부유하는 것을 막을 수 있기 때문에 이미 오염된 지역이나 청정 지역으로 오염이 확산되는 것을 방지할 수 있다. 부수적으로 오염 분진의 재 부유 외에도 오염 물질을 고정화시킨 후에 제거함으로써 오염 효율 또한 크게 증대된다.

서로 반대 전하를 가지는 Polyanion(PA)과 Polycation(PC)과의 결합으로 이루어진 고분자 PEC(Polyelectrolyte Complex)는 친수성과 소수성을 동시에 가지는 양친성의 성질을 가지고 있다 [1]. PA와 PC가 결합한 부분은 서로의 전하를 가리게 되어 소수성의 성질을 가지며, 서로 결합하지 않은 부분은 전하를 띠게 되어 친수성을 가진다. PEC 내의 친수성 소수성 부분은 자발적으로 위치가 변하는 가역성을 지니고 있다. 토양의 주 성분인 silica 표면은 음전하를 띠는 silanol group이 있어 위 PEC와 상호 결합하여 토양 표면에 있는 방사성 핵종을 고정화시켜 비산을 억제할 수 있다. 이러한 PEC는 물에 씻기지 않으면서 물과 공기를 잘 투과시켜 오염 확산 억제 방법 중 하나로 사용된다.

본 연구에서는 방사능에 오염된 토양의 고정화를 위한 이온강도, 염의 종류 및 전해질의 종류에 따른 PEC 제조 특성을 고찰하였으며, 제조된

PEC를 이용하여 토양에 대한 물의 투과도 및 재부유 현상을 고찰하였다.

2. 본론

2.1 실험 방법

2.1.1 시약 및 장치

양이온으로 Polydiallyldimethyl ammonium chloride(PDADMAC, 약 50%)를 사용하였고, 음이온으로는 Polyacrylic acid(PAA, 25%, 분자량=24만) 및 carboxymethyl cellulose sodium(CMC, DS=0.9, 분자량=70만)을 사용하였다. 또한 염 농도 조절을 위해 KCl, NaCl, NaOH를 사용하였다.

토양에 대한 물의 투과도를 알아보기 위한 장치로는 아크릴 재질의 원통형으로 제작된 필터 케이스를 사용하였다. 또한 바람에 대한 재 부유 현상을 알아보기 위한 장치로 풍속이 측정가능하고 Bag filter에서 포집이 가능한 풍속 측정 챔버를 제작하여 사용하였다.

2.1.2 PEC 용액 제조

물 100mL에 KCl 또는 NaCl을 농도조건에 따라(0.2M, 0.6M, 0.8M, 1.0M)로 조절하여 넣고, magnetic stirrer를 이용해 교반하여 용해시킨 뒤, NaOH 0.24g을 첨가하여 용해시켰다. 여기에 PDADMAC 4.2g을 넣어 약 1시간동안 교반시켜 주었다. 그리고 PAA 및 CMC의 비율((-)/(+) ratio)을 달리하여 교반시키면서 천천히 첨가하였다. 완전히 용해되는 것을 확인한 뒤 PEC 용액을 얻었다.

2.2 실험결과

PEC 용액 제조시 적절한 PEC 용액을 얻기 위해 염 농도 및 고분자의 (-)/(+) 비율을 다양하게 하여 실험하였다. 염(KCl) 농도를 0M~1.0M까지 다양하게 하였을 때, 염 농도 변화에 따른 PEC 용액의 탁도를 알아보기 위해 UV-Visible Spectrophotometer(DR-5000)를 사용하여 파장 500nm에서 탁도를 측정하였다. Fig. 1에서의 측정

결과 염의 농도가 적은(0M~0.5M) 조건에서는 염 농도가 낮아질수록 PEC용액에 침전물이 발생하여 뿌옇게 흐려지므로 높은 흡광도 값을 나타내었으며, 0.6M이상의 염 농도 조건에서는 맑은 상태의 PEC 용액이 얻어지는 것을 확인 하였다.

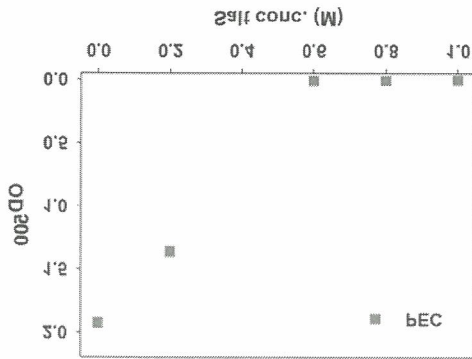


Fig. 1. Dependence of OD₅₀₀ obtained for complexes of PEC on concentration of salt(KCl).

또한 염 농도에 따른 PEC 용액의 입자 크기를 알아보기 위해 Dynamic Light Scattering(DLS)를 이용하였으며, 그 측정 결과를 아래의 Fig. 2에 나타내었다. 염 농도에 따른 PEC 용액 샘플을 각각 5회 측정하여 평균 입자 크기를 얻었다. 염을 첨가하지 않았을 때 약 543.62nm로 측정되었고, 0.2M의 농도에서는 약 369.12nm, 0.6M은 약 29.82nm, 0.8M은 15.40nm, 1.0M은 약 10.29nm로 측정 되었다.

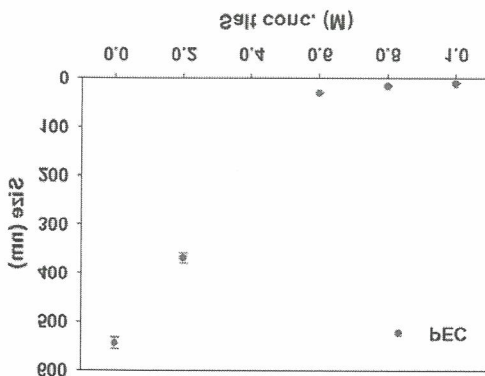


Fig. 2. Effect of the salt(KCl) concentration on size of PEC. ((-)/(+)=0.5 ratio and salt(KCl) 1.0M)

Fig.3에는 PAA/PDADMAC=0.5의 비율에서 염 농도 1.0M의 조건으로 제조된 PEC용액의

intensity에 따른 입자 사이즈 분포를 나타내었다.

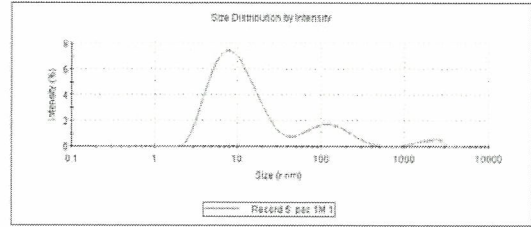


Fig. 3. Size distribution by intensity. ((-)/(+)=0.5 ratio and salt(KCl) 1.0M).

3. 결론

방사성 오염 토양 고정화를 위해 PEC를 제조하여 물리화학적 특성에 대한 연구를 수행하였다. PEC 제조시 중요한 영향 인자로 작용 될 수 있는 염(KCl)의 농도 변화에 따른 실험 결과 0.6M 이상의 농도에서는 침전물이 발생하지 않고 맑은 상태의 PEC용액을 얻을 수 있었고, 입자 사이즈 또한 약 29.82nm 이하의 상태로 적절하게 제조되는 것을 확인하였다. 그리고 토양 단위 면적당 고정화제의 주입량을 적합하게 선정하여 PEC 종류 및 농도 조건에 따라 바람에 대한 재부유 현상 및 물의 투과도를 확인한 결과, PEC 용액의 종류에 따라 점도가 다르기 때문에 물의 투과 시간이 다양하게 관측 되었다. 바람에 대한 부유 현상을 측정된 결과 또한 PEC 용액 종류나 농도에 대한 영향을 받게 되었으며, 분진 부유 억제능이 오랜 기간 유지 될 수 있는 적절한 PEC 제조에 대한 연구가 더욱 지속적으로 이루어져야 될 것이라고 판단되었다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 중장기 계획사업 일환으로 수행된 연구결과입니다.

5. 참고문헌

[1] S. Mikheikin, et al., "Interpolyelectrolyte complexes for contaminated soil immobilization and remediation", WM'00 Conference, February 27-March 2, (2000).