2013년도 추계학술대회 논문집 pp. 46~47

생물활성촉진제의 용출율 제어를 위한 폴리머 코팅

† 송영채 · 우정희* · 센틸**

† 한국해양대학교 환경공학과 교수, 한국해양대학교 원전기자재연구센터 연구교수*
페리알대학교 교수**

Polymer coating for controlled release of biostimulants from Biostimulant balls

† *Young-Chae Song · Jung-Hui Woo* · Palaninaicker Senthilkumar***

† *Department of Environmental Engineering, Korea Maritime and Oean University, Pusan 606-791, Korea*
**Nuclear Power Equipment Research Center, Korea Maritime and Oean University, Pusan 606-791, Korea*
**Department of Environmental Science, Periyar University, India*

요 약 : 오염물질이 처리된 해양저질을 이용하여 황산염, 질산염 및 아세테이트 등의 생물활성물질을 첨가하여 생물활성촉진볼을 제작하였으며, 셀룰로스 아세테이트 코팅(CA)과 폴리설펀 코팅(PS) 방법으로 표면을 처리하여 생물활성촉진물질의 용출율을 조절하고자 하였다. SEM 분석으로 평가한 생물활성촉진제의 형태적 특성은 CA의 경우, 내부코팅층은 비교적 큰 공극이 다소 존재하였으며, 외부코팅층은 균일하고 촘촘한 벌집모양의 공극이 분포되어있었고, PS의 경우, 내부코팅층과 외부코팅층의 모양이 동일하고, 무공극층이 형성된 것으로 나타났다. 코팅방법에 따른 생물활성촉진물질의 용출율은 증류수조건에서보다 해수조건에서 다소 높았고, 질산염이 황산염에 배해 다소 빨리 용출되었으며, 정체조건에 비해 난류조건에서 약 50%이상 높았다.

핵심용어 : 생물활성촉진제, 자생미생물, 해양저질, 폴리머코팅

Abstract : *We prepared biostimulant balls using sea sediment mixed with biostimulants viz acetate, nitrate and sulfate. The Biostimulant balls were coated with Cellulose Acetate (CA) and Polysulfone (PS) to control the release of the biostimulants. SEM images showed that CA coating was porous and irregular in the inside and very uniform and tight like beehive while PS coating was the same in the inside and outside and not porous. Biostimulants release was found to be high in sea water compared to distilled water. The release of nitrate was higher compared to sulfate. In turbulent environment the release of bionutrients was 50% higher than static environment.*

Key words : *Biostimulant, Indigenous microorganism, Marine sediment, Polymer coating*

1. 서 론

영양물질의 용출을 제어하는 코팅연구는 기본적으로 식물에게 필요한 영양분의 적정량을 공급하기 위하여, 그리고 영양분을 공급하는 기간을 늘리기 위하여 많이 연구되어왔다(Goertz 1993, Abedi-Koupai et al. 2008). 영양물질의 직접 적용방식은 높은 농도로 인한 악영양을 미칠 수 있고, 주변 환경에도 원하지 않는 결과를 초래할 수도 있다. 일반적인 코팅방법은 용해성 영양물질에 목적에 부합하는 비용해성 코팅물질로 코팅하는 방식이다. 지금까지 연구되어온 코팅물질은 왁스, 황 및 polyolefins, polyethylene, polystyrene, polyacrylamide, polysufone, cellulose acetate 등의 유기폴리머 등이 있다.

본 연구에서는 해양저질을 이용하여 황산염, 질산염 및 아세테이트 등의 생물활성물질을 담지한 생물활성촉진볼을 제작하여 생물활성물질의 용출율을 제어하고자 폴리머코팅을 하였으며, 여러 가지의 환경조건에 따른 용출율을 비교 평가하였다.

2. 실험방법

해양저질은 B시 준설매립 적토장에서 채취하였으며, 물리화학적 특성들을 분석하였다. 입도분석은 건식 체질법으로 분석하였으며, COD는 해양환경공정시험기준에 따라 분석 하였다.

† 교신저자 (종신회원), soyc@hmou.ac.kr 051)410-4417

총질소(TN), 총인(TP), 질산염, 인산염, 황산염 및 pH는 Standard methods에 의해 분석하였고, Cd, Cu, Cr, Pb, Zn 등의 중금속은 Standard methods에 의해 총량분석방법(nitric acid & perchloricacid digestion)과 단계추출법으로 전처리한 후 ICP를 이용하여 분석하였다.

생물활성촉진제제는 오염물질이 제거된 해양저질 저질을 이용하여 1kg에 생물활성촉진 물질(황산염 0.5M , 질산염 1M, 아세테이트 0.5M) 완전히 섞은 후 실온에서 48h 건조 후 볼형태로 만들었다. 생물활성촉진볼은 약 1g 이며, 건조 후 셀룰로스 아세테이트(CA)와 폴리설펀(PS) 2가지 폴리머로 코팅하였으며, 50℃ 건조 후 실험에 이용하였다. 또한, 입상활성탄을 이용한 생물활성촉진제(GAC)는 상업적으로 이용가능한 입상활성탄을 1mm 체에 걸러서 1mm이상 되는 입경의 활성탄을 이용하여, 생물활성촉진제(0.5M sulfate, 1M nitrate, 0.5M acetate)를 섞어 혐기성상태에서 회전농축기를 이용하여 100℃에서 24h 반응시킨 후 60℃에서 48 h동안 건조시켜 준비하였다. 준비한 3가지의 생물활성촉진제제(셀룰로스 아세테이트 코팅 생물활성촉진볼; CA, 폴리설펀 코팅 생물활성촉진볼; PS, 생물활성물질을 담지한 입상활성탄; GAC)의 생물활성물질의 용출특성을 평가하기 위하여 생물활성촉진볼 및 생물활성물질을 담지한 입상활성탄 1g을 증류수 또는 해수 100mL에 각각 첨가하여 증류수조건과 해수조건에서 또한, 난류조건과 정체조건에서의 생물활성물질의 용출특성을 평가하였다. 난류조건은 물리적 교반을 150rpm으로 5일간 수행하였으며, 각각의 실험조건들의 샘플은 24hr마다 채취하여 질산염과 황산염을 분석하였다.

3. 실험결과

셀룰로스 아세테이트 코팅 생물활성촉진볼(CA)과 폴리설펀 코팅 생물활성촉진볼(PS)과 입상활성탄을 이용한 생물활성촉진제(GAC)의 형태적 특성을 평가하기 위하여 SEM(scanning electron microscope) 분석을 한 결과, PS 및 CA의 코팅두께는 약 1 ~3um 이하로 얇게 형성된 것으로 나타났다. CA의 경우, 내부 코팅층은 드물게 다소 큰 공극이 보였으며, 외부 코팅층은 균일하고 촘촘한 벌집모양의 공극이 분포되어있는 것으로 나타났다. PS의 경우, 내부 코팅층과 외부 코팅층의 모양이 동일하였으며, 무공극층이 형성된 것으로 나타났다. 코팅층에 형성된 공극의 구조와 형태들은 생물활성촉진볼에 포함된 생물활성물질의 용출율에 크게 영향을 미치는 것으로 폴리머 코팅된 생물활성촉진볼의 생물활성물질의 용출기작은 먼저, 해수가 생물활성촉진볼에 유입되어 생물활성물질을 용해시키고, 다음으로 용존된 생물활성물질(N,S,A)은 코팅층 외부와 내부의 해수교환 및 농도차에 의해 서서히 확산된다. 따라서, 코팅층의 공극율과 구조에 따라 생물활성물질의 교환율이 달라질 수 있으므로 코팅물질 및 코팅 방법에 따라 용출율을 제어할 수 있다. GAC의 SEM이미지는 생물활성물질이 입상활성탄에 덮여져 있는 것으로 나타났다. 정체조건에서의 생물활성물질의 용출특성은 CA의 경우, 질산염과 황산염의 용출율은 증류수에서 각각 33.5% 및 27.2% 였고(15일후), 해수에서는 각각 36.4% 과 28% 로 용출되어 증류수에서보다 해수조건에서 용출이 높은 것으로 평가되었다. PS의 경우에서도 용출된 황산염과 질산염농도로 평가한 용출율이 증류수조건에서보다 해수조건에서 다소 높았다. 이는 해수의 pH가 높기 때문에 이온활성도가 증가한 것으로 사료된다. 또한, 생물활성물질 중 질산염이 황산염에 비해 다소 빨리 용출되었으며, CA가 PS에 비해 질산염 및 황산염의 용출이 약 10~25% 높은 것으로 나타났다. 이는 CA가 PS에 비해 생분해도가 높고 pH에 상대적으로 민감한 것으로 평가되었다. SEM이미지 분석결과에서와 같이, PS코팅층은 CA코팅층과 비교할 때 공극없이 밀도가 높은 구조로 보여지므로 생물활성촉진볼내에 함유된 생물활성물질의 용출을 차단하고 물질확산을 매우 더디게 만드는 것으로 평가되었다. GAC의 경우에서도 해수조건에도 용출율이 높았으며, 최대용출율이 실험시작후 15일 후 83.4~ 90.1 % 로 폴리머코팅 생물활성촉진볼에 비해 약 70% 가 빨랐다. 난류조건에서의 용출특성은 실험시작 5일 후 CA의 경우, 황산염 용출율이 증류수조건과 해수조건에서 각각 약 27.3% 및 32.1%로 나타났고, PA의 경우, 각각 약 19.5% 및 26.5% 로 나타났다. 질산염 용출율은 CA의 경우, 증류수조건과 해수조건에서 각각 약 35.2% 및 42.6% 로 나타났고, PA의 경우, 각각 약 32.1% 및 33.4% 로 나타났다. GAC의 경우, 질산염 및 황산염의 용출율은 증류수조건과 해수조건에서 실험시작 4일 후 약 90%이상이 용출되었으며, PA와 CA의 경우, 질산염과 황산염의 용출정도는 정체조건에 비해 난류조건에서 약 50% 이상 높았다.

후 기

이 논문은 2011년 국토해양부의 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (지속가능 해양오염퇴적물 정화기술 개발)

참 고 문 헌

[1] H.M.Goertz(1993), Controlled release technology. pp.251-274, in: Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology. Vol 7, 4th ed, John Wiley&Sons, New York.

[2] J. Abedi-Koupai et al.(2008), Controlled release of microcapsule fertilizer using ethylene vinyl acetate polymer. pp.78-81, XVIth International Conference on Bioencapsulation, Dublin, Ireland.