

(사) 한국토양환경학회
추계 학술 발표 회 논문집
1999년 10월 29일 제주대학교

Biosurfactant를 이용한 환경수복에서의 토양세척능 Soil Washing Potential of Biosurfactant in Soil Remediation

최영국, 김민길, 이수복, 이가연*, 이대희*, 권수환*

한국화학연구소 화학기술연구부

*충북대학교 화학과

ABSTRACT

The goal of present study is to evaluate the potential of soil washing for removing metal contaminants from a contaminated soil. Remediation of a soil contaminated with copper, cadmium and phenol were performed by a soil washing using a biosurfactant.

The removal of copper, cadmium and phenol from soil (sandy, kaoline, mixed one) was evaluated as a function of biosurfactant (wt %) concentration in the batch process.

The results showed that overall rejection coefficient for copper, cadmium and phenol were grater than 50 %, 25 %, respectively.

I. 서론

토양세척기법은 적절한 세척제를 사용하여 토양입자에 결합되어 있는 유해 유기오염물질의 표면장력을 약화시키거나 중금속을 액상으로 변화시켜 토양입자로부터 유해 유기오염물질 및 중금속을 분리시켜 처리하는 기법으로 토양세척기법에 이용되는 세척제는 오염물질을 토양으로부터 분리·용해시키는 역할을 하는 물질로서 계면의 자유에너지를 낮출 뿐 만 아니라 계면의 성질을 현격히 변화시키며 물에 대해 용해성이 적은 물질을 열역학적으로 안정한 상태로 용해시킬 수 있는 중요한 화학물질이다.

토양오염물질은 유기물에서 중금속등의 무기물까지 다양하게 분포되어 있으며, 각 물질에 따라 생분해가 가능한 것부터 불가능한 무기물까지 다양하게 존재한다. 일반적으로 토양에 대한 복원기술은 오염물질을 처리하는 기술에 따라 물리적, 화학적, 생물학적 처리 기술들로 나눌 수 있으며, 오염된 토양을 취급하는 방법에 따라 현 위치에서 처리하는 in-situ 처리방법과 오염물질을 오염지역으로부터 지상으로 굴착하여 처리하는 ex-situ 방법으로 나눌 수 있다. 토양이 유해유기물 및 중금속으로 동시에 오염되어있는 경우 계면활성제에 의한 soil washing은 비극성 유기물질은 micelle의 내부에 용해됨으로서, 중금속 등은 외부에 흡착됨

으로서 세척된다. 기존의 계면활성제는 중금속, 유기물 그 제거 대상 종류에 따라 음이온성 혹은 비이온성등을 각기 사용한다. 따라서 효과적으로 동시에 세정성이 있는 신규 계면활성제의 개발이 요구된다.

본 연구에서는 in-situ 혹은 in-tank 토양 세척 복원에 사용 가능한, 중금속과 유기물질을 동시에 세정하는환경친화적인 계면활성제의 개발을 그 목표로 하였다.

II. 본 론

1. 실험방법

가. 대상계면활성제 선별

토양세척용 계면활성제의 선정에서 대상 유기오염물질의 용해도, 토양흡착성, 토양미생물에 대한 독성, 가격, 대량공급가능성 등과 같은 여러 항목에 대한 검토가 필요하다. 토양 내 온도가 어느 온도이하일 경우 이온성 계면활성제의 용해도가 CMC 값 이하로 되면서 계면활성제의 능력이 급격히 감소되는데 이러한 온도를 kraft점이라고 한다. 따라서 계면활성제의 kraft점에 대하여도 고려하여야 하며 비이온성 계면활성제의 경우 cloud point도 고려되어야 한다. 본 실험에 사용된 계면활성제는 비교목적상 음이온계 sodium dodecyl sulfate (SDS), 비이온계 Triton X-100 및 신 기능성 생물 계면활성제 유도체 (S-2N, S-3N, H, H+N, PE, PE+N, PP, PP+N) 등을 선정, 실시하였다.

나. 인공오염토양 제조 및 세척능력 시험

토양시료는 Kaoline, Sea Sand, Mixed Soil (Sea Sand + Kaoline (w/w = 1 : 1))를 준비하여 토양 sample 2 kg을 5 L bottle에서 500 ppm Cu, Cd, phenol 표준용액 4 L와 혼합하여 상온을 유지하며 1주일간 100 rpm에서 shaking 하였다. 현탁액의 pH는 수산화물 침전을 배제하며 토양표면에 최대 흡착효과를 위해서 약 5로 유지하였다. 구리, 카드뮴, 페놀로 오염시킨 인공 토양을 Biosurfactant로 처리하여 20 °C에서 24 시간 동안 100 rpm으로 shaking 한 후 3000 rpm에서 원심분리하여 상등액을 원자흡광광도와 흡광광도를 이용하여 잔류농도를 측정하였다.

2. 실험결과

가. 토양별 중금속 및 유기물 오염정도

(Unit : mg/kg)

오염물질 \ 오염정도	구리 (Cu)			카드뮴 (Cd)			phenol		
	Sand	Mixed	Kaoline	Sand	Mixed	Kaoline	Sand	Mixed	Kaoline
함 유 량	506.1	1926.5	2708.4	392.3	1648.0	2431.2	87.5	756.95	1401.5

나. 실험 결과

편의상 토양세정 efficiency는 다음과 같이 정의하였다.

$$\text{Removal Efficiency (\%)} = (1 - X_a/X_b) \times 100$$

여기서 X_a = 세정 후 잔존농도, X_b = 세정전 초기농도

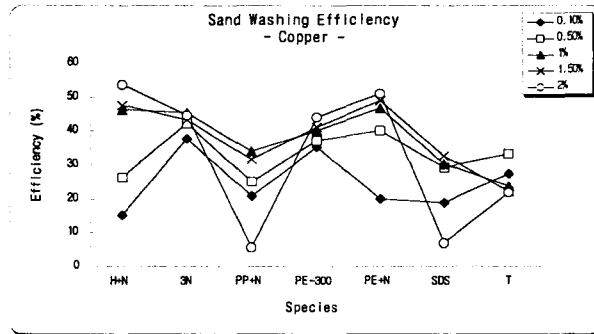


Fig. 1. Removal efficiency of copper (sand soil)

세 종류의 토양별 구리 세척능력은 S-3N 및 H+N가 중량비로 2 %일 때 1차 세척시 sand에서 최고 약 50 %로 가장 뛰어난 효율을 보였고 (Fig. 1) PE+N은 토양세척시 계면활성제가 토양에 포집되어 세척용액의 흐름을 저해하여 효율면에서 상대적으로 10 % 내외 정도를 보이고 있다. (kaoline인 경우) 이는 토양으로의 재흡착 및 소수성효과에 기인하는 것으로 사료된다. 또한 기존의 합성계 계면활성제와 비교시 합성유도된 생물 계면활성제가 상대적으로 구리 세척시 뛰어난 효율을 보이고 있다.

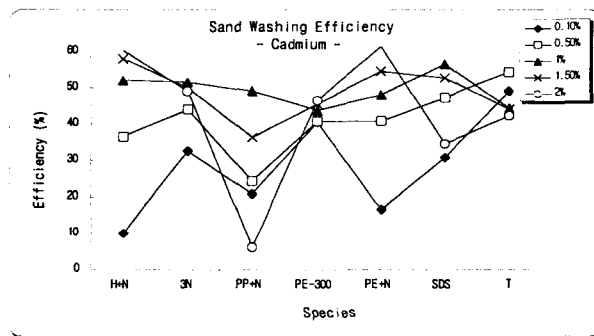


Fig. 2. Removal efficiency of cadmium (sand soil)

카드뮴 역시 Sand soil의 경우 세척 효율이 매우 뛰어난 것을 알 수 있다. (약 60 % 정도) : (Fig. 2) 또한, Kaoline soil의 경우 중금속 카드뮴을 1차 세척시 30 % 이상 제거하기 위해서 중량비로 계면활성제를 약 2 % 투입이 필요하며 이는 토양의 종류 및 이에 따른 투수율 및 재흡착성과 관련성 있는 것으로 사료된다. (H+N, S-3N, PE+N)

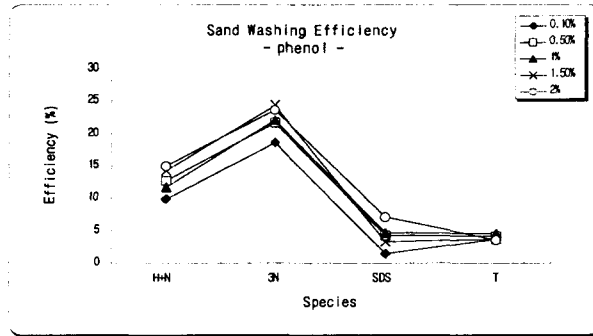


Fig. 3. Removal efficiency of phenol (sand soil)

중금속 세척능력이 뛰어난 H+N, S-3N와 기존합성계 계면활성제 (SDS, Triton X-100) 을 이용 유해유기물 중 phenol 세척 실험결과 중금속 세척효과보다는 약간 떨어진 (S-3N, 최고 25 %) 처리효율을 보인다.

(Fig. 3)

III. 결론

1. 중금속, 유기물 세척 기초실험결과 H+N, -3N로 합성유도된 계면활성제계가 기존의 합성계 계면활성제 보다 상당히 뛰어난 처리효율 보였다 (중금속과 유기유해물 동시에 오염토양으로부터 제거)
2. 또한 환경친화적인 생물계면활성제의 응용이 당위성을 지닌다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 한·일 국제공동 특정연구과제 “생물계면활성제 촉진 토양수복 방법” 결과의 일부임을 알려드리며 과학기술부 및 과학기술평가원 관계자 여러분께 감사드립니다.