

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. B09C 1/10 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년03월10일 10-0559166 2006년03월03일
--------------------------------------	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2004-0009728 2004년02월13일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2005-0081476 2005년08월19일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자 (주)그린볼텍스
부산 사상구 괘법동 산1-1 신라대학교마린바이오센터 215

(72) 발명자 김정환
부산광역시 북구 만덕동 774-7 벽산라인타운 208-1602

조권호
부산광역시 북구 구포동 1103-2 현대아파트 7-803

(74) 대리인 백승준

심사관 : 이경열

(54) 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법

요약

본 발명은 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법에 있어서,

- i) 오염된 토양의 유류 농도 및 토양의 초기 비옥화 지수(영양도)를 측정하는 단계;
- ii) 토양의 pH가 7이 될 수 있도록 생석회(CaO) 또는 탄산칼슘(CaCO₃)을 투입하여 토양의 pH를 조절하는 단계;
- iii) 피트모스로 제조되어진 유류 흡착제를 토양에 오염된 유류량의 20 내지 60 중량%를 투입하여 오염된 토양과 혼합하는 단계;
- iv) 오염된 토양에 서식하는 토착 유류 산화 미생물들의 활성화를 위하여 토양 1m³에 대하여 영양소 배지 18 내지 22 kg과 부식 촉진제 45 내지 55 g을 투입하는 단계;
- v) 다시 상기 ii) 단계와 동일한 방법으로 토양에 CaO를 투입하여 토양의 pH가 7이 되도록 토양의 pH를 재조절하는 단계;
- vi) 토착 유류 산화 미생물에 충분한 산소를 공급하기 위하여 월 2회 토양을 뒤집고, 토양의 pH가 7을 유지할 수 있도록 수시로 상기 iv) 단계의 방법에 따라 영양소 배지와 부식촉진제를 투입하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법에 관한 것이다.

본 발명은 피트모스를 이용하여 제조되어진 유류 흡착제를 사용하여 유류에 오염된 토양으로부터 우수한 유류 흡착력을 나타내고, 빠른 속도로 유류 등을 흡착하며, 특히 영양소 배지 및 부식 촉진제를 사용하여 토착 유류 산화 미생물을 활성화시켜 흡착된 유류 등을 생물학적으로 분해하는 토양 오염 복원방법으로써, 유류의 분해 효과가 탁월하여 빠른 시간 내에 토양의 복원이 가능하므로 경제활동 영역의 손실을 최소화시키고, 여기에 사용된 피트모스는 천연유기물질로 최종 복원 후 탁월한 거름으로서 역할을 하므로 친환경적일 뿐만 아니라 2차 처리 비용이 발생하지 않아 경비 절감의 효과가 있다.

색인어

유류 흡착제, 토양 오염, 복원방법, 피트모스, 이탄, 토탄, 미생물제제, 영양소 배지, 부식촉진제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 친유성을 갖는 피트모스(peat moss)로 구성된 유류 흡착제를 질소, 인, 칼륨 등의 영양소와 부식 촉진제 등과 함께 사용하여 오염된 토양 속에 서식하는 토착 유류산화 미생물을 활성화시켜 토양에 오염된 유류를 분해시키고, 오염된 토양을 친환경적으로 복원하는 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법에 관한 것이다.

일반적으로 토양에 유류가 오염되면 토양의 형태학적, 물리적, 화학적, 미생물학적 특성의 변화가 야기되고, 이는 생태계의 위협이 될 뿐만 아니라 비옥한 토지의 상실을 초래하며, 경제 활동 영역의 손실을 초래하게 된다.

이와 같이 유류에 오염된 토양의 처리방법으로는 통상적으로 오염된 토양을 수거하여 매립장으로 보내거나 혹은 특수지역에서 세정하는 방법을 사용하는데, 이러한 방법은 고비용이 소요되며, 또 다른 지역의 추가적인 환경적 손실을 불러올 가능성이 있다.

현재 주로 사용되고 있는 유류 흡착제는 무기 흡착제, 천연 유기 흡착제, 합성 흡착제를 사용하여 유류 등을 제거하는 방법이 일반적이다.

무기 흡착제로는 질석(흑운모), 진주암(perlite), 발포 진주암, 규산염, 점토입자 등이 사용되고 있으며, 이들은 자체 무게의 4 내지 8배까지 유류를 흡수할 수 있다. 그리고 천연 유기 흡착제로는 솜, 짚, 가마니, 옥수수 속대, 이끼, 톱밥 등이 사용되며, 이들은 자체 무게의 3 내지 6배의 유류를 흡수한다. 합성 흡착제로는 합성물질 폴리스틱 섬유(polyethylene, polypropylene)나 플라스틱 폼 (polyurethane)을 많이 사용하며 자체 무게의 20 내지 25배까지 기름을 흡수할 수 있다.

그러나 상기와 같은 유류 흡착제들은 토양 또는 바다에 오염된 유류를 흡착시킨 후 반드시 회수하여야만 하고, 그리고 회수시킨 유류 흡착제들은 소각시켜야 하기 때문에 연료의 사용에 따른 경제적 손실은 물론 매연 및 유해가스 등의 발생으로 인하여 또 다른 대기 환경 오염의 원인이 되기도 한다.

따라서, 상기와 같은 문제점들을 해결하기 위한 방안으로 최근에는 다공성 물질인 피트모스를 이용하여 바다 또는 토양에 오염된 유류를 제거하는 방법이 새로이 채택되고 있다.

피트모스(peat moss, 이탄)란 이끼류, 갈대, 사초 등의 화분과식물, 때로는 소나무, 자작나무 등의 수목질의 유체(遺體)가 분지에 두껍게 퇴적하여 물의 존재하에서 균류 등의 생물화학적인 변화를 받아 분해,변질된 것으로 토탄(土炭)이라고도 칭하는데, 석탄처럼 지하에 매몰된 수목질이 오랜 세월동안 지압(地壓)과 지열작용(석탄화 작용이라고 한다)을 받아 생성된 것과는 달리 식물질의 주성분인 리그린, 셀룰로오스 등이 주로 지표에서 분해작용을 받아 생성된 물질이다. 이러한 피트모스는 다공성 물질로서 최대 자체 중량의 20배에 가까운 수분을 흡수할 수 있고, 통기성이 뛰어나기 때문에 토양 개량제로서 널리 사용되고 있을 뿐만 아니라 유류 흡착제로도 사용되고 있다.

따라서, 최근에는 상기의 특성을 갖는 피트모스와 미생물 등을 함께 이용한 유류 흡착제를 사용하여 자연에서 분해가 가능토록 한 친환경적인 유류 오염 제거 방법이 제안되고 있다.

상기와 같은 제안으로 특허 출원되어 2003. 3. 26 공개된 대한민국공개특허공보 특2003-24230호에는 과건조시킨 피트모스에 유류 분해 미생물을 고정시킨 매트릭스를 포함하여 이루어진 생물학적 생분해 흡착제에 관한 발명이 알려져 있으나 상기 발명은 유류 분해능을 갖는 미생물들을 별도로 배양시켜야 하는 불편함이 있을 뿐만 아니라 유류를 흡착 제거 후에도 토지의 경작을 위해서는 별도로 복토 등의 작업을 해야만 하는 불편함이 있었다.

그리고 상기와 같이 실험실에서 분리된 미생물들은 실제 자연 환경에 대한 적응력이 떨어지는 경우가 많으며, 특히 유류에 오염된 토양에 상기 미생물들이 투입되었을 시에는 토착 미생물 군집과 경쟁하여 우점종화 되기 어려워 현장 적응을 상설하기가 쉽다. 또한 대부분의 미생물 제제는 고농도의 유류가 오염된 곳에서는 유류 분해 효율이 떨어지는 경향이 있는데, 이는 실험실에서의 실험 조건과는 달리 미생물의 생장에 필요한 영양 물질이나 산소가 제대로 공급되지 않기 때문이다.

특히 유류 분해 능력을 보완하기 위하여 여러 속의 미생물을 조합한 제재를 사용할 경우에는 서로 다른 속의 미생물 간의 생태가 상호 보완적이지 않기 때문에 각각 미생물들의 유류 분해 능력이 오히려 저하되는 문제가 발생할 수 있으며, 실험실에서 확인된 유류 분해 능력에만 의존하여 선불리 현장에 투입할 경우 2차적인 오염과 생태계의 균형을 파괴할 수 있는 위험성이 따를 수 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서 상기와 같은 문제점들을 해결하기 위한 방안으로,

본 발명은 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법에 관한 것으로서, 오염된 유류를 흡착시키는 유류 흡착제는 친유성을 갖는 피트모스로 구성되고, 그 유류 흡착제를 토양 속에 서식하는 토착 유류 산화 미생물을 이용하여 친환경적으로 분해시키는 것을 특징으로 하는 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법을 제공함에 그 목적이 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 친유성을 갖는 피트모스로 구성된 유류 흡착제를 토양에 투여한 후 미생물의 영양소인 질소, 인, 칼리 등을 토양에 투여시킴으로써, 토양 속에 서식하는 토착 유류 산화 미생물들의 왕성한 활동에 의해 흡착된 유류의 분해 능력을 향상시킬 수 있도록 한 것을 특징으로 하는 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법을 제공함에 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 친유성을 갖는 피트모스로 구성된 유류 흡착제를 투여한 후 부식촉진제를 공급시킴으로써, 오염된 유류를 흡착한 유류 흡착제의 부식을 촉진하여 빠르게 분해시키기 때문에 오염된 토양을 조속히 복원시킬 수 있는 것을 특징으로 하는 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법을 제공함에 있다.

발명의 구성 및 작용

본 발명은 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 친유성을 갖는 피트모스로 제조되어진 유류 흡착제를 질소, 인, 칼륨 등으로 구성된 영양소 배지와 부식 촉진제 등을 함께 사용하여 오염된 토양속에 서식하는 토착 유류 산화 미생물을 활성화시켜 토양에 오염된 유류를 분해시키고, 오염된 토양을 조속히 복원시키는 것을 특징으로 하는 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법에 관한 것이다.

이하, 본 발명을 상세히 설명하면 다음과 같다.

본 발명은 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법에 있어서,

- i) 오염된 토양의 유류 농도 및 토양의 초기 비옥화 지수(영양도)를 측정하는 단계;
- ii) 토양의 pH가 7이 될 수 있도록 생석회(CaO) 또는 탄산칼슘(CaCO₃)을 투입하여 토양의 pH를 조절하는 단계;

- iii) 피트모스로 제조되어진 유류 흡착제를 토양에 오염된 유류량의 20 내지 60 중량%를 투입하여 오염된 토양과 혼합하는 단계;
- iv) 오염된 토양에 서식하는 토착 유류 산화 미생물들의 활성화를 위하여 토양 1m²에 대하여 영양소 배지 18 내지 22 kg과 부식 촉진제 45 내지 55 g을 투입하는 단계;
- v) 다시 상기 ii) 단계와 동일한 방법으로 토양에 CaO를 투입하여 토양의 pH가 7이 되도록 토양의 pH를 재조절하는 단계;
- vi) 토착 유류 산화 미생물에 충분한 산소를 공급하기 위하여 가끔 토양을 뒤집고, 토양의 pH가 7을 유지할 수 있도록 수시로 상기 iv) 단계의 방법에 따라 영양소 배지와 부식촉진제를 투입하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법에 관한 것이다.

상기 ii) 단계에서는 일반 토양의 초기 pH가 3~4이므로 미생물의 최적 서식 조건인 pH 6.0 내지 7.5로 조절하기 위하여 적정량의 생석회(CaO) 또는 탄산칼슘(CaCO₃)을 투입하게 된다. 이때 토양에 투입하는 생석회(CaO) 또는 탄산칼슘(CaCO₃)의 양은 일반 토양의 초기 pH값에 따라 달라지게 된다.

상기 iii) 단계에서 유류 흡착제로 사용되는 피트모스는 원래 친수성을 갖는 피트모스를 친유성을 갖도록 변형시킨 것을 사용하여 제조한다.

본 발명에서 사용되는 피트모스를 이용한 유류 흡착제는 유기물질의 함유량이 97 중량%에 달하고, 갈색에서 흑갈색의 세립형 물질로 살포 밀도는 250 내지 300kg/m³이다. 본 발명에서 유류 흡착제로 사용되는 피트모스는 러시아의 빨레브스키 지역에서 생산되는 피트모스를 주원료로 사용하는데, 그 이유는 캐나다 지역에서 채취한 피트모스로 가공된 유류 흡착제의 유류 흡수량이 자체 무게의 약 4배 정도인데 반하여 러시아에서 채취한 피트모스로 가공된 유류 흡착제는 자체 무게의 6 내지 8배까지 유류를 흡착할 수 있는 능력이 있기 때문이다.

토양에 투입되는 유류 흡착제의 양은 오염된 유류량의 20 내지 60 중량%를 투입하여 오염된 토양과 혼합하게 되는데, 유류 흡착제의 투입량은 오염원의 종류에 따라 벵커-C유와 일반 폐유인 경우에는 오염된 유류량의 30 내지 60 중량%, 경유와 엔진오일인 경우에는 오염된 유류량의 20 내지 40 중량%를 각각 투입하게 된다. 이때 토양에 투입되는 유류 흡착제의 양을 상기 투입량의 범위보다 적게 투입할 경우에는 토양에 오염된 유류가 유류 흡착제에 충분히 흡착되지 않으며, 상기 투입량의 범위를 초과하여 투입할 경우에는 경제성이 떨어지게 된다.

상기 iv) 단계에서 토착 미생물은 유류를 분해하여 토양을 복원시키는 미생물로서, 그 종류는 슈도모나스 속(*Pseudomonas sp.*), 로도코쿠스 속(*Rhodococcus sp.*), 후라보박테리움 속(*Flavobacterium sp.*), 푸사리움 속(*Fusarium sp.*), 포크리무세스 속(*Poclimuces sp.*) 등이 있다.

그리고 상기 토착 미생물의 최적 성장 조건은 토양의 pH가 6.0 내지 7.5이고, 습도가 60 내지 80 %이며, 온도가 8℃ 이상이나 일반적으로 25 내지 35℃에서 활성도가 가장 높다. 상기 토착 미생물들은 질소, 인, 칼륨 등의 영양소가 충분히 공급될 때 활동이 왕성해지고, 번식이 좋아진다.

상기 iv) 단계에서 토양에 투입하는 영양소 배지(nutrient medium)는 시중에서 일반적으로 시판되는 배합비료, 화성비료 등의 복합비료로서 토양 1m²에 대하여 18 내지 22 kg을 투입하게 되는데, 그 투입량이 18 kg보다 적을 때에는 유류를 분해하는 토착 미생물의 활성이 충분하지 않아 토양 복원이 원활히 이루어지지 않게 되고, 그 투입량이 22 kg을 초과할 경우에는 토양의 pH가 상승하여 토착 미생물의 최적 서식 조건이 이루어지지 않는다.

그리고 부식 촉진제는 칼륨형 부식 촉진제과 나트륨형 부식 촉진제는 월 1회 정도씩 번갈아가며 사용한다. 부식 촉진제의 역할은 고도의 분해력과 높은 부식산 함유량(건식 물질 중량의 약 60 % 이상)을 가지는 이탄에서 얻은 알칼리 추출물, 이러한 추출물의 생물학적 활성인 탄소이중결합, 활성 그룹, 필수 아미노산 그리고 지질 결합 등이 풍부해 지도록 기여한다.

이 때 토양에 투입하는 부식 촉진제의 양은 토양 1m³에 대하여 45 내지 55 g을 투입하게 되는데, 그 투입량이 45 g보다 적을 때에는 미생물의 유류 분해 속도가 저하되고, 그 투입량이 55 g을 초과할 경우에는 유류 분해 속도가 더 이상 현저하게 증가하지 않는다.

이러한 부식 촉진제는 나트륨형과 칼륨형이 있는데, 그 화학적 성분은 다음 [표 1]과 같으며, 나트륨 형은 생물의 성장과 육상 고등 식물의 성장을 촉진 시키고, 칼륨형은 식물의 뿌리의 성장을 활발하게 촉진시킨다.

[표 1]

구 분	함 유 량 (중량%)	
	나트륨 형	칼륨 형
유기물	91.28	90.81
Fe ₂ O ₃	0.25	0.50
Al ₂ O ₃	0.67	1.32
CaO	0.13	0.18
MgO	0.10	0.23
Na ₂ O	5.54	0.35
K ₂ O	0.08	4.71
기 타	1.95	1.90
계	100.0	100.0

상기 v) 단계 과정은 상기 iv) 단계 과정 후 약 10여일이 지난 시기로서, 이 때는 토양의 pH가 저하되게 되는데, 이는 토양의 미생물들이 활성화되고 있음을 의미하는 것으로 이때 토양의 pH를 6~7.5로 조절하기 위하여 상기 ii) 단계의 방법에 따라 재차 생석회(CaO)을 투입하게 된다. 그리고 토양에 영양소 배지를 과다 투입시에도 토양의 pH가 저하되게 되는데 이 때는 토양에 물을 분사하여 토양의 pH를 조절하게 된다. 또한 토양의 pH가 5.0이하로 내려가고, 비옥화지수가 3.5 이상이 될 때는 생석회(CaO)를 사용하지 않고 탄산칼슘(CaCO₃)를 사용하게 된다.

상기 v) 단계는 오염된 토양의 조건 및 미생물의 활성화에 따라 토양의 복원 시까지 수차례 반복 실시될 수 있다.

상기 vi) 단계에서는 유류 산화 미생물에 산소를 공급하기 위하여 월 2회 정도 토양을 뒤집어주게 되며, 월 1회 정도 상기 iv) 단계의 방법에 따라 영양소 배지와 부식촉진제를 투여하게 된다.

통상적으로 비옥화지수는 시간이 지날수록 상승하게 되는데, 비옥화지수가 3.0 이상이 되면 토양 복원이 완료된 것으로 간주하고, 비옥화지수가 4.0이상일 때는 물을 분사하여 비옥화지수를 3.0으로 낮추게 된다. 본 발명에 의한 토양의 완전한 복원에는 약 60여일이 기간이 소요된다.

상기의 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법은 토양에서 뿐만 아니라 해양에서도 적용 가능하며, 해양의 해저에 적용 시에는 특성 상 vi)단계의 토양을 뒤집는 과정은 생략된다.

본 발명에 따른 피트모스를 이용한 유류 흡착제의 이론적 투입량은 아래 [표 2]와 같다. 그러나 실제 사용하는 유류 흡착제의 양은 오염된 토양을 손으로 만졌을 때 오일이 묻어나지 않을 만큼 유류를 흡착할 수 있는 양을 투입하여 섞어준다.

[표 2]

구 분	유류 흡착제 투입량 (kg/유류 1kg당)	나트륨형 부식 촉진제(g/m ³)	영양소 배지(비료) (kg/m ³)
B-C 유	0.3 ~ 0.6	45 ~ 55	18 ~ 22
경유	0.2 ~ 0.4	45 ~ 55	18 ~ 22
엔진오일	0.2 ~ 0.4	45 ~ 55	18 ~ 22
폐유류	0.3 ~ 0.6	45 ~ 55	18 ~ 22

이하, 실시예를 통하여 본 발명을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

(실시예 1, 2 및 비교예 1, 2)

실시예 1 : 양토(loam)층 지역

- i) 경유 100kg을 비중 2.1인 양토 1ton(0.48m³)에 오염시키는 단계: (평균 오염도 100mg 경유/1g양토)
- ii) 오염된 토양의 경유 오염도 및 초기 비옥화지수를 측정하는 단계;
- iii) 토양의 pH가 7이 될 수 있도록 생석회(CaO)를 투입하여 토양의 pH를 조절하는 단계;
- iv) 유류 흡착제 20kg을 투입하여 오염된 양토와 혼합되도록 파쇄하는 단계;
- v) 영양소 배지 9kg과 부식 촉진제 22g을 투여하고 토양을 파쇄하는 단계;
- vi) 20일 간격으로 양토를 뒤집어 파쇄하고, pH를 측정하여 측정치가 7을 유지하도록 영양소 배지와 부식 촉진제를 액상으로 투여하는 단계;

를 거쳐 60일 동안 실험하였으며, 측정은 10일 간격으로 실행하였다.

실시예 2 : 모래층 지역

- i) 경유 60kg을 비중 1.8인 모래 1ton(0.56m³)에 오염시키는 단계; (평균 오염도 60mg경유/1g모래)
- ii) 오염된 토양의 경유 오염도 및 초기 비옥화지수를 측정하는 단계;
- iii) 토양의 pH가 7이 될 수 있도록 생석회(CaO)를 투입하여 토양의 pH를 조절하는 단계;
- iv) 유류 흡착제 24kg을 투입하여 오염된 모래와 혼합되도록 파쇄하는 단계;
- v) 영양소 배지 12kg과 부식 촉진제 31g을 투여하고 모래를 파쇄하는 단계;
- vi) 20일 간격으로 모래를 뒤집어 파쇄하고, pH를 측정하여 측정치가 7을 유지하도록 영양소 배지와 부식 촉진제를 액상으로 투여하는 단계;

를 거쳐 60일 동안 실험하였으며, 측정은 10일 간격으로 실행하였다.

비교예 1 : 양토(loam)층 지역

실시예 1과 동일한 방법에 따르되, 종래의 피트모스를 이용한 유류 흡착제를 투여하고, 영양소 배지와 부식 촉진제를 투여하지 않았다.

비교예 2 : 모래층 지역

실시예 2와 동일한 방법에 따르되, 종래의 피트모스를 이용한 유류 흡착제를 투여하고, 영양소 배지와 부식 촉진제를 투여하지 않았다.

[표 3]

구분	시간(일)							
	0	10	20	30	40	50	60	

실시예	경유 오염도	1	100.0	95.4	81.1	50.8	37.6	11.2	0.9
		2	60.3	53.6	40.0	20.2	15.4	5.1	1.0
	pH	1	4.0	4.8	5.3	5.8	6.0	6.3	6.5
		2	3.8	4.0	4.5	5.0	5.7	5.8	6.0
	비옥화 지수	1	0.21	0.25	0.61	1.00	1.82	2.16	2.50
		2	0.46	0.61	1.42	2.00	2.51	2.63	2.74
비교예	경유 오염도	1	100.0	95.3	93.8	92.5	92.2	91.5	90.1
		2	60.3	58.5	57.3	56.1	52.7	52.2	51.8
	pH	1	4.0	4.0	4.1	4.2	4.1	4.2	4.3
		2	3.8	3.9	3.9	4.0	4.1	4.1	4.2
	비옥화 지수	1	0.21	0.22	0.21	0.23	0.23	0.24	0.26
		2	0.46	0.48	0.48	0.47	0.48	0.50	0.50

* 경유오염도

- 실시예 1 및 비교예 1 : 양토 1g당 함유된 경유의 mg수

- 실시예 2 및 비교예 2 : 모래 1g당 함유된 경유의 mg수

1) 경유오염도

토양 샘플에서의 경유 농도에 대한 분석은 사염화탄소를 추출하여 중량을 측정하였다. 추출된 탄화수소의 성분 분석은 가스 크로마토그래피 GC-7A의 장치를 사용하여 분석하였다(칼럼충진제 5% SE-30사용).

추출 시에 경유의 탄화수소 이외에도 토양의 유기 화합물(토양지질 등)이 용액으로 들어갔다. 상기 탄화수소의 영향을 배제하기 위하여 샘플이 준비되었는데, 여기에는 두 지역의 경유에 오염되지 않은 토양 및 유류 흡착제, 부식 촉진제 비율에 따라 첨가된 토양이 포함된다. 경유 함유량 산출시에 토양 탄화수소의 양은 정량(定量)에 있는 탄화수소의 총량에서 뺀 것이다.

2) pH

pH미터를 이용하여 측정한다. 측정방법은 오염된 토양에서 채취한 시료에 소량의 증류수를 가하여 묽은 죽 상태로 만든 다음 pH미터로 측정한다.

3) 비옥화 지수

비옥화 지수 > 3.5일 경우 염류화된 토양

비옥화 지수 = 3.0 ~3.5 최적의 영양 상태

비옥화 지수 = 2.5~3.0 중간 정도 비옥화된 토양 상태

비옥화 지수 = 2.0~2.5 빈약한 토양 상태;

비옥화 지수 < 2 매우 빈약한 토양 상태

산화 지수 = 7 중성토 (산화 지수의 지표는 수용성 추출물(aqueous extract)의 pH와 상응한다).

상기 [표 3]에서 보는 바와 같이, 실시예 1 및 2의 경우는 60일 지난 상태의 토양은 비옥화 지수 2.5 이상의 중간 정도 비옥화된 토양 상태를 나타내었고, 실시예 2는 모래층에서의 경유의 생물학적 복원방법으로 산소 공급이 원활하여 비옥화 지수가 실시예 1의 양토층 보다 더 우수하게 나타났다. 그러나 비교예 1 및 2의 경우는 본 발명에 의한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법을 적용하지 않음으로써 시간이 지남에 따라 약간의 비옥화 지수가 상승하는 수준을 나타내었다.

또한, 본 발명의 오염 토양 복원방법으로 처리하지 않은 토양과 처리 후의 토양의 경유 분해에 대한 변동을 나타낸 경우 오염도는 60일이 경과한 후 실시예 1, 2의 두 지역에서는 토양 속의 경유오염도가 각각 0.9, 1.0으로 초기 경유오염도에 비하여 99.1 %, 98.3 % 경유 분해 결과를 나타내어 비교예 1, 2의 지역의 9.9 %, 14.1 % 경유 분해 결과보다 월등히 우수한 것으로 나타났다.

발명의 효과

본 발명은 유류 등을 흡착하는 피트모스를 사용하여 오염된 토양으로 부터 우수한 흡착력을 나타내고, 빠른 속도로 유류 등을 흡착하며, 특히 영양소 배지 및 부식 촉진제를 사용하여 토착 유류 산화 미생물을 활성화시켜 흡착된 유류 등을 생물학적으로 분해하는 오염 토양의 복원방법으로써, 다양한 토양 환경에서도 유류의 분해 효과가 탁월하여 빠른 시간 내에 토양의 복원이 가능하므로 경제활동 영역의 손실을 최소화시키고, 여기에 사용된 피트모스는 천연유기물질로 최종 복원 후 탁월한 거름으로서 역할을 하므로 친환경적일 뿐만 아니라 2차 처리 비용이 발생하지 않아 경비 절감의 효과가 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법에 있어서,

- i) 오염된 토양의 유류 농도 및 토양의 초기 비옥화 지수(영양도)를 측정하는 단계;
- ii) 토양의 pH가 7이 될 수 있도록 생석회(CaO) 또는 탄산칼슘(CaCO₃)을 투입하여 토양의 pH를 조절하는 단계;
- iii) 피트모스로 제조되어진 유류 흡착제를 토양에 오염된 유류량의 20 내지 60 중량%를 투입하여 오염된 토양과 혼합하는 단계;
- iv) 오염된 토양에 서식하는 토착 유류 산화 미생물들의 활성화를 위하여 토양 1m³에 대하여 영양소 배지 18 내지 22 kg과 부식 촉진제 45 내지 55 g을 투입하는 단계;
- v) 다시 상기 ii) 단계와 동일한 방법으로 토양에 CaO를 투입하여 토양의 pH가 7이 되도록 토양의 pH를 재조절하는 단계;
- vi) 토착 유류 산화 미생물에 충분한 산소를 공급하기 위하여 월 2회 토양을 뒤집고, 토양의 pH가 7을 유지할 수 있도록 수시로 상기 iv) 단계의 방법에 따라 영양소 배지와 부식촉진제를 투입하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 iii) 단계에서 유류 흡착제의 양은 벵커-C유와 일반 폐유는 오염된 유류량의 30 내지 60 중량%를 투입하는 것을 특징으로 하는 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법.

청구항 3.

제 1항에 있어서, 상기 iii) 단계에서 유류 흡착제의 양은 경유와 엔진오일인 경우에는 오염된 유류량의 20 내지 40 중량%를 투입하는 것을 특징으로 하는 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법.

청구항 4.

제 1항에 있어서, 상기 vi) 단계에서 부식 촉진제는 칼륨형 부식 촉진제와 나트륨형 부식 촉진제를 월 1회 정도씩 번갈아가며 투입하는 것을 특징으로 하는 피트모스를 이용한 유류 오염 토양의 생물학적 복원 방법.

청구항 5.

삭제