

**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2019-0142005

(43) 공개일자 2019년12월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

**B09C 1/10** (2006.01)

(52) CPC특허분류

**B09C 1/10** (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0068993

(22) 출원일자 2018년06월15일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

**연세대학교 산학협력단**

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

**박준홍**

서울특별시 강남구 선릉로 221, 304동 1002호(도곡동, 도곡렉슬아파트)

**양지훈**

경기도 광명시 디지털로 24, 104동 6층 601호(철산동, 철산푸르지오하늘채)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

**오위환, 나성곤, 정기택**

전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 **유류 오염 토양의 토양 경작을 위한 생물학적 정화공법 설계 방법****(57) 요약**

본 발명은 유류 오염 토양의 토양 경작을 위한 생물학적 정화 공법 설계 방법에 관한 것으로, 토양경작 시설에 반입된 유류오염토양의 물리, 화학 그리고 생물학적 특성을 고려하여 미생물 제제, 효소 제제, Surfactant 등과 같은 생분해촉진제를 이용한 정화공정을 경제적이며 친환경적으로 설계하는것을 목적으로 한다.

(72) 발명자

**김성훈**

경기도 성남시 분당구 양현로 220, 1109동 1104호  
(이매동, 이매촌삼환아파트)

**박수찬**

서울특별시 서초구 바우피로 91, 103동 1401호(양재동, 우성아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1485013783

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국환경산업기술원

연구사업명 환경기술개발사업

연구과제명 환경 메타지노믹스를 이용한 유류오염토양의 현장 맞춤형 생물학적 정화 기술 개발 및 실용화(2/2)

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2017.04.01 ~ 2018.04.30

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

생물학적 특성 입력부에 오염 토양의 물리, 화학 및 생물학적 특성을 입력하는 단계;

예상 정화기간 산정부에서 오염 토양의 특성을 기반으로 적정 미생물제제의 주입량, 예상 정화기간을 산정하는 단계; 및

생분해촉진제를 이용하는 경우 정화기간 단축부에서 생분해촉진제 주입량, 예상 정화기간 및 정화비용을 산정하는 단계;를 포함하는 유류 오염 토양의 토양 경작을 위한 생물학적 정화공법 설계 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 정화공법 설계 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 유류 오염 토양의 토양 경작을 위한 생물학적 정화 공법 설계 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 현재 우리나라는 주유소, 저유소 및 송유관 등의 주변 지역에서 BTEX, 디젤, 가솔린과 같은 유류오염물질에 의한 오염사고가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 유류오염물질을 처리하기 위한 대규모 토양오염정화사업이 진행되면서 기술력과 경험이 축적되고 있다. 이러한 유류 오염 토양은 생물학적 처리, 물리적 처리, 화학적 처리 등의 여러 처리 방법을 통해 처리 가능하며, 오염 현장 상황 및 오염물의 특성에 따라 적절한 처리방법을 선택하고 있다.

[0003] 그러나 실제 토양정화 시설에서 생물학적 정화공법을 적용할 때, 유류물질 중 생물학적으로 분해가 용이하지 않은 성분으로 인해 분해가 지연되는 테일링 효과가 발생하여 정화 기간과 비용이 증가하는 문제가 있다.

[0004] 즉, 유류오염물질 제거 방법 중 반입토양을 지표면에 깔아 놓고 정기적으로 뒤집어주어 미생물에 호기성 생분해 조건을 제공하는 토양경작법(LandFarming)은 유기성 오염물질로 오염된 토양을 대량으로 정화가 가능하며 환경 친화적인 생물학적 분해를 유도하기 때문에 전 세계적으로 가장 보편적으로 활용되고 있다. 토양경작법을 시행하는 기업의 가장 큰 애로사항은 정화기준을 충족시키기 위한 정화기간이 장기간(6개월~1년)이 소요되는 것이다. 그 중에서도 특히 흡착정도가 크거나 오염이 오래 진행된 토양의 정화에서 정화기준 이하로 오염농도가 쉽게 저감되지 않아 처리 기간이 1년 이상 소요되는 테일링(tailing) 문제가 발생한다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-0418280호(토양 증기 추출 시스템의 최적설계 방법)  
(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1796239호(유류오염토양의 정화 방법)

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0006] 이에 본 발명은 상기와 같은 제반 사항을 고려하여 제안된 것으로, 본 발명은 토양경작 시설에 반입된 유류오염 토양의 물리, 화학 그리고 생물학적 특성을 고려하여 미생물 제제, 효소 제제, Surfactant등과 같은 생분해촉진제를 이용한 정화공정을 경제적이며 친환경적으로 설계하는것을 목적으로 한다.

#### 과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 실시예들에 따른 유류 오염 토양의 토양 경작을 위한 생물학적 정화공법 설계 방법은 생물학적 특성 입력부에 오염 토양의 물리, 화학 및 생물학적 특성을 입력하는 단계, 예상 정화기간 산정부에서 오염 토양의 특성을 기반으로 적정 미생물제제의 주입량, 예상 정화기간을 산정하는 단계 및 생분해촉진제를 이용하는 경우 정화기간 단축부에서 생분해촉진제 주입량, 예상 정화기간 및 정화비용을 산정하는 단계를 포함한다.

### 발명의 효과

[0008] 본 발명에 의한 유류 오염 토양의 토양 경작을 위한 생물학적 정화공법 설계 방법은 미생물제제, 효소제제, 계면활성제를 이용할 때, 예상정화기간 및 예상정화비용을 마이크로코즘과 믹싱박스 방법을 통해 산정할 수 있는 효과가 있다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 본 발명에 따른 실시예에 대하여 구체적으로 설명하기 전에, 본 발명은 이하의 상세한 설명 또는 첨부 도면에 도시된 구성에 한정되지 않으며 다양한 방식으로 사용되거나 수행될 수 있다.

[0010] 또한, 본 명세서에 사용되는 표현이나 용어는, 단지 설명을 위한 것이며, 한정을 위한 것으로 간주되어서는 안 된다는 것을 알아야 한다.

[0011] 즉, 본 명세서에 사용되는, "장착된", "설치된", "접속된", "연결된", "지지된", "결합된" 등의 표현은, 다른 것을 나타내는 것으로 지시하거나 한정하고 있는 않는 한, 직접적인 그리고 간접적인 장착, 설치, 접속, 연결, 지지, 및 결합을 모두 포함하는 광범위한 표현으로 사용되고 있다. "접속된", "연결된", "결합된"이라고 하는 표현은, 물리적인 또는 기계적인 접속, 연결 또는 결합에 한정되지 않는다.

[0012] 그리고 본 명세서에서, 상부, 하부, 하향, 상향, 후방, 바닥, 전방, 후부 등과 같이 방향을 나타내는 용어는 도면을 설명하기 위해 사용되고 있지만, 이러한 용어는, 편의를 위해 도면에 대해 상대적인 방향(정상적으로 봤을 때)을 나타내는 것이다. 이러한 방향을 나타내는 용어는, 어떠한 형태로든 본 발명을 그 문자대로 한정하거나 제한하는 것으로 받아들여져서는 안 된다.

[0013] 또한, 본 명세서에서 사용되는 "제1", "제2", "제3" 등의 용어는, 단지 설명을 위한 것이며, 상대적인 중요도를 의미하는 것으로 고려되어서는 안 된다.

[0014] 이하에서는 본 발명의 실시예에 대하여 첨부된 도면을 참조로 하여 자세히 설명하기로 한다.

[0015] 본 발명은 미생물다양성 지수를 이용한 적정 미생물 주입량 산정과 토양 내 존재하는 RBH, IBH의 분해 속도 차이를 고려한 "biphasic kinetic model"을 다양한 토양 및 규모에 적용하여 모델을 개선하였다. 특히 변화하는 미생물의 유류오염 분해속도 상수를 분석한 후 이를 통해 유류오염 토양경작 생물학적 공법 설계 방법을 개발하였다.

[0016] 유류오염 토양경작 생물학적 공법 설계 방법은 반입 오염 토양의 오염특성 인자, 물리·화학적 인자, 생물학적 인자를 입력하여 반입된 토양의 특성을 기반으로 한 토양 경작 기법을 진단하고 이를 수행하기 위한 설계 지원 방법을 출력하도록 구성하였다.

[0017] 본 발명은 토양의 메타지노믹스 진단을 기반으로 토양경작의 설계를 지원하고자 하였다. 따라서 기존 토양 특성 항목에 혼재되어 있던 미생물 군집 농도 항목을 생물학적 특성으로 별도의 항목으로 분류하였다. 또한 미생물 군집 농도를 총 미생물 농도와 RBH 분해 미생물 농도, IBH 분해 미생물 농도, 미생물다양성 지수, 전체 미생물 군집 구조 분석 결과로 세분화하여 정확도 높은 진단이 가능하도록 구성하였다.

[0018] 기존 토양 특성 항목 중 토양 pH와 토양 온도는 미생물의 성장과 직접적인 관련이 있는 항목이므로 유지하였으며 수분함량 역시 생분해촉진제 주입량과 직접적으로 연관된 항목이기 때문에 그대로 유지하였다. 또한 토양 입자 분포 및 크기, 토양 유기물 함량 등은 오염물질의 흡/탈착 등과 관련된 항목으로 판단하여 토양 특성 항목에 추가하였다.

[0019] 오염 특성 항목에는 기존의 휘발성, 화학구조 항목 대신 초기 오염 농도, 가스크로마토그래피 분석 결과를 입력하도록 하여 RBH 농도와 IBH 농도를 산출 가능하도록 하였다. 또한 대부분의 토양경작 시설이 실내 장치로 구성되어 있다는 점을 감안하여 기후 조건 항목은 제외하였다. 이와 같이 개선 과정을 거쳐 본 발명에서 도출한 유류오염 토양경작 생물학적 공법 설계 지원 프로그램의 입력 변수는 아래표1과 같다.

표 1

| 오염특성 인자  | 물리화학적인자  | 생물학적인자  |
|--|--|---|
| 초기 오염농도<br>GC-FID 분석 결과<br>TCPA/TA 비율<br>TCPA/UCM 비율<br>$C_{fast}$<br>$C_{slow}$ | 토양 pH<br>수분함량<br>토양온도<br>입자 크기 및 조성<br>유기물 함량<br>총 처리량 | 총 미생물량(qPCR)<br>미생물다양성 지수<br>(16S rRNA Evenness, Shannon index, Richness)<br>미생물 군집구조<br>RBH 미생물 비율<br>IBH 미생물 비율 |

[0021] 본 발명에 따른 유류 오염 토양의 토양 경작을 위한 생물학적 정화공법 설계 방법은 입력받은 변수를 기반으로 총 3단계의 처리 과정을 거치게 된다. 첫 번째는 토양 내 존재하는 오염물질의 특성에 따라 반입토양 내 오염물질이 RBH로 구성되어 있는지 RBH와 IBH 복합오염인지 오염물질의 생분해능을 평가한다. 토양 시료 내 총석유계 탄화수소 화합물 분석 결과, 계수 가능한 피크를 형성하는 물질은 생분해가 용이한 RBH 물질로 분류하였으며 UCM을 형성하는 물질은 생분해가 느린 IBH 물질로 분류하였다. 또한 전체 가스크로마토그래피 분석 결과 중 전체 면적과 계수 가능한 피크의 합 비율로 RBH/IBH 비율을 분석하여 총 초기 오염농도와 곁함으로써  $C_{fast}$ 와  $C_{slow}$ 를 산정하였다.

[0022] 본 발명의 세 번째 단계에서는 정화기간 단축을 위한 옵션 설정 단계이다. 본 발명은 순수 분리 균주를 이용한 실험을 통하여 생물계면활성제, 효소 제제 사용에 따른 분해 속도 상수 향상 효과를 평가하였다. 또한 토양을 이용한 믹싱박스 실험을 통하여 생물계면활성제 주입에 따른 분해 속도 상수 향상, RBH 분해 미생물 주입 시기에 따른 전체 분해 기간 단축 효과 등을 평가하였다. 해당 결과는 유류 오염 토양의 토양 경작을 위한 생물학적 정화공법 설계 방법 내 옵션 변수로 입력되었으며 분해 기간을 단축하고자 할 때 선택 가능한 옵션을 제시한다.

[0023] 이와 별도로 옵션 선택에 따른 토양경작의 경제적 효과를 비교하기 위하여 경제성 분석 결과가 유류 오염 토양의 토양 경작을 위한 생물학적 정화공법 설계 방법에 탑재되어 있다. 경제성 분석은 생분해촉진제 제작에 따른 단가, 현장 운영비용을 이용하였다. 현장 운영비용은 고정비로 가정하여 일간 비용으로 산출하였으며 생분해촉진제 제작비용은 원단위 계산을 통하여 획득하였다.

[0024] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하였으나, 본 발명은 다양한 변화와 변경 및 균등물을 사용할 수 있다. 본 발명은 상기 실시예를 적절히 변형하여 동일하게 응용할 수 있음이 명확하다. 따라서 상기 기재 내용은 하기 특허청구범위의 한계에 의해 정해지는 본 발명의 범위를 한정하는 것이 아니다.