

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷
B09B 3/00
C12M 1/00

(11) 공개번호 10-2005-0111399
(43) 공개일자 2005년11월24일

(21) 출원번호 10-2005-7017932

(22) 출원일자 2005년09월23일

번역문 제출일자 2005년09월23일

(86) 국제출원번호 PCT/US2004/007208

(87) 국제공개번호 WO 2004/085019

국제출원일자 2004년03월09일

국제공개일자 2004년10월07일

(30) 우선권주장 10/732,162 2003년12월10일 미국(US)
60/457,500 2003년03월24일 미국(US)

(71) 출원인 씨에이치투엠 힐. 인크.
미합중국 콜로라도 80112 엔글우드 사우스 자마이카 스트리트 9191

(72) 발명자 켈퍼 찰스 씨
미합중국 오레곤주 97070, 윌슨빌, 사우스웨스트 페어웨이드라이브 7595
알렌 잔
미합중국 워싱턴주 98177, 쇼어라인, 노스웨스트 167 스트리트1001
크레머 톱
미합중국 워싱턴주 98019, 듀발, 엔이 141 스트리트 31403

(74) 대리인 조인제

심사청구 : 없음

(54) 재생 가능한 복합형 바이오리액터

요약

본 발명은 많은 양의 지역 고품 폐기물을 공급하고 이 지역 고품 폐기물 안에 메탄 생산성 생물체에 의한 혐기성 분해를 촉진시킴으로써 메탄을 생산하는 과정을 포함하는 지역 고품 폐기물을 생분해하는 방법에 관한 것이다. 메탄의 생산은 감시되고, 상기 지역 고품 폐기물로부터 메탄의 생산이 감소되는 것으로 보일 때 상기 지역 고품 폐기물의 호기성 분해가 증진된다. 유기 폐기물의 양과 작동 상으로 연결된 가스 수집 시스템은 바이오 가스를 수집하고, 그 바이오 가스는 감시되어 가스 수집 속도를 적절히 조절함으로써 메탄의 수집을 최대화시킨다. 여과물 수집 시스템은 상기 지역 고품 폐기물로부터 여과물을 수집하고, 혐기성 분해 및 호기성 분해 과정 중 여과물을 상기 유기 폐기물로 재순환시킨다. 바람직하게 여과물은 적절히 액체가 보충되어 상기 지역 고품 폐기물의 수분 함량을 적어도 지역 고품 폐기물의 수용 한계 용량으로 유지시킨다. 또한, 여과물 수집 및 운반 시스템은 pH를 맞추거나 생분해 과정 중 상기 지역 고품 폐기물의 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 염소, 황, 철, 구리, 망간, 아연, 몰리브덴, 니켈 또는 바나듐 함량을 변화시키는 데 사용될 수 있다. 다공성 포장층이 상기 여과물 수집 시스템 위에 형성되어 작동 및 폐기물의 발굴 시 상기 여과물 수집 시스템 및 바닥 내장면을 보호할 수 있다.

대표도

도 1

색인어

바이오리액터, 지역 고품 폐기물의 생분해 방법, 고품 폐기물 관리 시스템, 바이오리액터 처리 셀

명세서

기술분야

본 발명은 고품 폐기물 처리법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 재생 가능한 복합형 바이오리액터 처리법에 관한 것이다.

배경기술

수 세대 동안, 지역 고품 폐기물은 쓰레기 매립장에 묻어버리는 방식으로 처리하여 왔다. 매립에 의한 공기와 지하수의 오염 가능성에 대한 연구가 이루어지면서, 매립 기술은 실질적으로 불투성인 경계선으로 매립지를 구분시키고 투과성 또는 불투과성 천막으로 매립지를 덮어 두는 과정을 거치도록 발전하였다. 매립지가 수용 한계 용량에 이르면, 전통적으로 매립지는 실질적으로 불투성인 경계벽으로 덮이고, 매립된 지역 고품 폐기물의 생분해 과정에서 생성된 가스를 배출하도록 수직 배출구가 설치되었다. 일반적으로, 고품 폐기물은 혐기적으로 분해되고 이러한 혐기성 분해 과정 중 일차 가스로는 메탄이 생산되었다. 매립지에서 일어나는 생분해 과정은 천천히 진행되고, 이는 매립지가 안정화되어 메탄의 생산이 실질적으로 정지되어 매립지가 최대로 정착되는 데 수 많은 시간이 걸리는 것을 의미한다.

지난 수십 년 간, 매립지 종사자는 축적된 지역 고품 폐기물의 생분해를 홍보하는 데 적극적인 역할을 담당하였다. “바이오리액터 매립지”라는 용어는 지난 십 년 간 단순히 지역 고품 폐기물을 저장하기 보다는 그 분해를 상승시키는 방식으로 작동하는 매립지를 의미하는 것으로 일반적으로 사용되게 되었다. 매립지의 바닥에서 수집된 여과물을 재순환시키는 것은 폐기물의 분해 속도를 상승시키는 일차적인 방법이었다. 또한, 추가적인 액체가 도입되어 지역 고품 폐기물 내 유기 물질의 생분해를 위하여 매립지의 수분 함량을 적절한 수준으로 증가시키는 데 사용되었다. 최근 몇 년 간, “바이오리액터 매립지”의 작동 상의 정의는 재순환 되는 여과물과 함께 물을 추가하는 (또는 추가하게 설계되어 장착된) 매립지가 되었다. USEPA 는 필연적으로 지역 고품 폐기물 매립지에서 공기 배출 기준을 규제하는 매립지 MACT 법 (40 CFR 제 63장, 위험한 대기 오염물질에 대한 국가 배출 기준; 지역 고품 폐기물 매립지, 연방 규칙 제 68장 제 11호 2227쪽 (2003년 01월 16일))에서 바이오리액터 매립지에 대해 이러한 정의를 채택하였다. 바이오리액터 매립지 개념은 혐기성 및 유도된 호기성 분해 방법뿐만 아니라 먼저 호기성 조건이 유도되어 연속된 혐기성 분해 단계인 산 생산 단계를 최소화하는 “복합적인 (hybrid)” 방법도 포함하고 있다.

복합형 바이오리액터 매립지에 관한 많은 특허가 있으며, 여기서 조절된 조건 하에서 혐기성 생분해에 연속된 호기성 생분해를 촉진하는 것이 생분해 속도를 최대화하여 더 효율적으로 지역 고품 폐기물의 부피를 감소시키고 안정화하는 결과를 보고하고 있다. 대표적인 특허로는 헤이터의 미국 특허 제 6,283,676호; 햄의 미국 특허 제 5,984,580호; 및 허진스의 미국 특허 제 6,364,572호를 들 수 있다.

헤이터의 특허는 바이오리액터의 효율을 높이려는 공기 기술의 시도를 유용하게 요약한 내용을 포함하고 있다. 헤이터는 공기 기술이 여과물의 재순환 및 지역 고품 폐기물 내의 수분 함량을 높게 유지하는 데 굉장히 초점을 맞추었다고 주장한다. 헤이터는 폐기물 내 수분 함량을 높게 하는 동시에 폐기 물질의 호기성 또는 혐기성 분해를 가속화하는 물질을 첨가하는 것이 바람직하다고 설명한다. 대표적인 첨가물로는 직접 폐기물에 첨가되거나 폐기물에 들어가는 액체에 첨가될 수 있는 슬러지, 동물 비료, 발효기의 부산물뿐만 아니라 인, 인산, 바이오 고품물 인산 완충용액 등과 같은 영양분을 들 수 있다.

햄은 효율적인 생분해 및 혐기성 분해에서 나오는 메탄의 수집을 촉진하는 데 여과물의 재순환이 바람직하다고 주장하면서, 생분해의 효율은 고품 폐기물 입자를 대략적으로나마 균질한 입자 분포를 가지도록 잘게 가루로 만들면 향상될 수 있다고 설명한다.

그린의 미국 특허 제 5,888,022호는 전적으로 호기성 분해에 관한 것이기는 하지만, 분해기를 통과하는 공기 흐름 속도를 조절하여 호기성 분해기 내의 온도를 조절하는 것이 바람직하다고 주장한다. 또한, 그린은 질소, 인 및 탄소원과 같은

영양분을 웰에 주입함으로써 호기성 분해 시 미생물의 성장을 최적의 수준으로 유지하는 것이 바람직하다고 설명한다. 그 린은 130° ~ 150°F (54° 내지 65°C) 의 온도 범위에서 호기성 분해를 유지하면 실질적으로 매립지에서 병원균을 없앨 수 있다고 주장한다.

상기에서 논의된 공기 기술이 일반적으로 지역 고형 폐기물을 더 효율적으로 안정화하고 압축하기 위하여 생분해 방법을 최적화하는 것과 관련이 있지만, 공기 기술은 이전의 복합형 및 호기성 분해 기술 상에 만연된 화재의 위험을 최소화하면서 메탄의 생산을 최적화하여 매립지의 안정화와 압축화를 가속화하는 방법을 제시하고 있지는 못하다. 또한, 공기 기술은 혼합된 지역 고형 폐기물뿐만 아니라 분리된 지역 고형 폐기물의 효율적인 생분해 및 메탄 회수를 가능하게 하는 수많은 바이오리액터 셀들을 제공하는 지역 고형 폐기물 시스템을 기술하고 있지도 않다.

결국, 공기 기술은 필요할 때 재사용을 위해 효율적으로 재생될 수 있는 바이오리액터 셀을 전혀 제시하고 있지 못하다.

[기술적 과제]

본 발명은 상기에서 논의된 문제점을 극복하기 위한 것으로, 그 첫 번째 목적은 지역 고형 폐기물을 분해하는 방법을 제공하는 것이다.

본 발명의 두 번째 목적은 여과물 수집 및 재순환 시스템 그리고 가스 수집 및 운반 시스템으로 이루어진 바이오리액터 셀을 제공하는 과정을 포함하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법을 제공하는 것이다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 첫 번째 목적은 지역 고형 폐기물을 분해하는 방법을 제공하는 것이다. 여기서 사용하는 “지역 고형 폐기물”은 전형적으로 지역 쓰레기 수집 시스템의 일부로서 수집되는 고형 폐기물을 의미하고, 전형적으로는 가정 쓰레기, 음식물 쓰레기, 잔디밭 쓰레기, 사무실 배출 쓰레기를 함께 포함하며, 더 나아가 산업 배출 쓰레기 및 잡동사니 물질을 포함할 수 있다. 또한, 지역 고형 폐기물은 쓰레기 처리장에서 회수된 바이오 고형물 및 슬러지를 포함할 수도 있다. 또한, 지역 고형 폐기물이란 용어는 일반적으로 분리되지 않은 가정 쓰레기와 같은 혼합된 폐기물 및 쓰레기 처리장에서 생성된 유기물 및 레스토랑 및 식품 가공 시설에서 생성된 음식물 쓰레기와 같은 분리된 폐기물을 포함한다.

본 발명의 지역 고형 폐기물의 생분해 방법은 많은 양의 지역 고형 폐기물을 제공하고, 상기 지역 고형 폐기물에 메탄 생산성 생물체에 의한 혐기성 분해를 촉진하여 메탄을 생산하는 과정을 포함한다. 상기 메탄의 생산은 감시되고, 상기 지역 고형 폐기물로부터 메탄의 생산이 감소되는 것으로 보일 때, 상기 지역 고형 폐기물의 호기성 분해가 촉진된다. 또한, 본 발명의 생분해 방법은 지역 고형 폐기물의 혐기성 분해를 촉진하기 전에, 상기 지역 고형 폐기물의 하기 특성 중 적어도 하나를 감시하는 과정을 추가로 포함할 수 있다: 분해 가능한 유기물 함량, 수분 함량, 벌크 밀도, 체적 측정용 공극, 질소 함량, pH, 인 함량, 칼륨 함량, 칼슘 함량, 마그네슘 함량, 염소 함량, 황 함량, 철 함량, 구리 함량, 망간 함량, 아연 함량, 몰리브덴 함량, 니켈 함량 및 바나듐 함량. 또한, 본 발명의 방법은 혐기성 분해를 촉진하기 전에 유기 폐기물의 양을 적절히 조정하여 선택 변수들 내 적어도 하나의 특성을 가지게 하는 과정을 포함할 수 있다. 선택적으로 또는 상기에 더하여, 상기에 나열된 지역 고형 폐기물의 특성 중 적어도 하나가 혐기성 분해 과정 중에 감시될 수 있고, 지역 고형 폐기물의 양을 혐기성 분해 과정 중에 적절히 조정하여 선택 변수들 내 적어도 하나의 특성을 가지게 될 수 있다.

바람직하게는, 상기 혐기성 분해 과정 중에 상기 지역 고형 폐기물의 pH 는 감시되고 상기 pH 는 메탄 생산성 생물체의 성장을 촉진하기에 충분한 정도로 pH 를 높게 유지하도록 적절히 조절된다. 상기 pH 는 5 이상이 되도록 유지되어야 하고, pH 6.8 ~ 7.4 범위를 유지하는 것이 바람직하다. 또한, 본 발명의 방법은 유기 폐기물의 양과 작동 상으로 연결된 가스 수집 시스템을 사용하는 혐기성 분해 단계에서 생산된 메탄을 수집하고 감시하며 가스 수집 속도를 적절히 조절하여 메탄의 수집을 극대화하는 과정을 추가로 포함할 수 있다. 또한, 본 발명의 방법은 상기 혐기성 분해 단계 및 호기성 분해 단계 중에 상기 지역 고형 폐기물로부터 여과물을 수집하고, 상기 여과물을 상기 유기 폐기물로 재순환시키는 여과물 수집 및 재순환 시스템을 제공하는 과정을 추가로 포함할 수 있다. 상기 여과물은 적절히 액체가 보충되어 상기 지역 고형 폐기물의 수분 함량을 적어도 지역 고형 폐기물의 수용 한계 용량으로 유지하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 여과물 수집 및 운반 시스템은 pH 를 맞추거나 생분해 과정 중 상기 지역 고형 폐기물의 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 염소, 황, 철, 구리, 망간, 아연, 몰리브덴, 니켈 또는 바나듐 함량을 변화시키는 데 사용될 수 있다.

본 발명의 두 번째 목적은 여과물 수집 및 재순환 시스템 그리고 가스 수집 및 운반 시스템으로 이루어진 바이오리액터 셀을 제공하는 과정을 포함하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법을 제공하는 것이다. 많은 양의 지역 고형 폐기물이 공급되고, 상기 지역 고형 폐기물의 하기 특성 중 적어도 하나가 감시된다: 분해 가능한 지역 고형물 함량, 수분 함량, 질소 함

량, pH, 인 함량, 칼륨 함량, 칼슘 함량, 마그네슘 함량, 염소 함량, 황 함량, 철 함량, 구리 함량, 망간 함량, 아연 함량, 몰리브덴 함량, 니켈 함량 및 바나듐 함량. 상기 지역 고품 폐기물의 양은 적절히 조정되어 선택 변수들 내 적어도 하나의 특성을 가져오게 된다. 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템 그리고 가스 수집 및 운반 시스템과 작동 상으로 연결된 바이오리액터 셀 안에 상기 지역 고품 폐기물이 하역되어 실린다. 그 다음 상기 지역 고품 폐기물에 메탄 생산성 생물체에 의한 혐기성 분해가 촉진되어 메탄이 생산되게 한다. 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템에서 모아진 여과물은 다시 상기 지역 고품 폐기물로 재순환된다. 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템의 액체를 적절히 보충하여 상기 지역 고품 폐기물의 액체 함량을 수용 한계 용량으로 유지시킨다. 상기 가스 수집 및 운반 시스템을 사용하여 혐기성 분해에 의해 생산된 메탄이 수집되고, 수집된 메탄의 양과 농도가 감시된다. 상기 지역 고품 폐기물로부터 메탄의 생산이 감소하는 것으로 보이면, 상기 가스 수집 및 운반 시스템을 사용하여 상기 지역 고품 폐기물에 공기를 주입함으로써 상기 지역 고품 폐기물의 호기성 분해를 촉진시킨다. 또한, 본 발명의 방법은 호기성 분해 과정 중에 유기 폐기물로부터 수집된 가스의 온도를 감시하고 주입된 공기의 양을 변화시킴으로써 선택 변수 등 내의 온도를 유지시키는 과정을 추가로 포함하는 것이 바람직하다.

본 발명의 또 다른 측면은 고품 폐기물 관리 시스템을 제공하는 것이다. 상기 고품 폐기물 관리 시스템은 각 셀이 여과물 수집 및 재순환 시스템 그리고 가스 수집 및 운반 시스템으로 이루어진 다수의 바이오리액터 셀들을 제공하여 구성된다. 많은 양의 분리된 고품 폐기물 및 혼합된 고품 폐기물 중 하나가 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템 그리고 가스 수집 및 운반 시스템과 작동 상으로 연결된 상기 바이오리액터 셀들 중 하나에 공급된다. 상기 폐기물에 메탄 생산성 생물체에 의한 혐기성 분해가 촉진되어 메탄이 생산된다. 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템을 사용하여 여과물이 상기 폐기물 속으로 재순환 된다. 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템의 액체가 적절히 보충되어 상기 유기 폐기물의 액체 함량을 수용 한계 용량으로 유지시킨다. 혐기성 분해 과정 중에 생산된 메탄은 상기 가스 수집 및 운반 시스템을 사용하여 수집되고, 수집된 메탄은 감시되어 생산된 메탄의 양이 추적된다. 상기 폐기물로부터 메탄의 생산이 감소하는 것으로 보일 때, 상기 가스 수집 및 운반 시스템을 사용하여 유기 폐기물에 공기를 주입함으로써 상기 폐기물의 호기성 분해가 촉진된다.

또한, 본 발명의 또 다른 측면은 투과성이 낮은 바닥 내장면 상에 축적된 여과물이 적어도 하나의 수집 영역으로 향하도록 배치된 상기 투과성이 낮은 바닥 내장면을 가지는 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀을 제공하는 것이다. 여과물 배수 파이프가 각 수집 영역과 작동 상으로 연결되어 바닥 내장면 상에 축적된 여과물을 받아낸다. 다공성 포장 층은 상기 여과물 배수 파이프를 둘러싼다. 다공성 배수 매개물이 상기 바닥 내장면 및 다공성 포장 층 사이에 놓여질 수 있고, 각 여과물 배수 파이프가 상기 다공성 배수 매개물에 잠긴다. 바람직하게는, 다수의 구멍난 운반 파이프들이 각 여과물 배수 파이프와 액체 연결되어 공급되고, 적어도 하나의 수집 영역에서부터 다공성 포장 층에 놓여있는 지역 고품 폐기물까지 여과물을 운반한다. 상기 다공성 포장 층은 아스팔트 또는 시멘트 콘크리트로 구성될 수 있고, 상기 아스팔트는 아스팔트 또는 시멘트 콘크리트의 최상층 표면 및 다공성 배수 매개물 사이를 연결하는 다수의 배수구를 포함할 수 있다. 선택적으로, 상기 다공성 포장 층은 고강도 제오 복합물로 강화된 포장 시스템의 일부로서 몰러로 압축된 콘크리트로 구성될 수 있다. 상기 다공성 포장 층은 상기 다공성 배수 매개물로부터 제거될 수 있어 상기 바닥 내장면에 접근 가능하도록 배치되는 것이 바람직하다.

또한, 본 발명의 시스템은 상기에 더하여 다수의 바이오리액터 셀들에 근접하게 매립지를 제공하는 것이 바람직하다. 생분해된 혼합된 고품 폐기물은 상기 바이오리액터 셀로부터 회수되어 상기 매립지에 축적된다. 또한, 다수의 바이오리액터 셀들에 근접하도록 생분해된 분리된 고품 폐기물을 위한 검색 및 저장 창고를 제공하는 과정을 추가로 포함할 수 있다. 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템은 상기 처리된 폐기물의 양을 받쳐주는 여과물 수집 파이프들을 포함한다. 투과성 포장 층은 생분해 과정 중에 상기 폐기물의 양을 지지하는 여과물 수집 파이프를 둘러싸는 것이 바람직하고, 이는 발굴 장치가 분해된 폐기물을 상기 받쳐주는 여과물 수집 파이프들 또는 바닥 내장면 시스템에 손상을 주지 않으면서 상기 셀에서 작동하여 분해된 폐기물을 제거하는 것이 가능하게 한다.

도면의 간단한 설명

- 도 1은 본 발명에 따른 재생 가능한 바이오리액터 폐기물 처리 셀의 단면도;
- 도 2는 도 1의 재생 가능한 바이오리액터 폐기물 처리 셀의 평면도;
- 도 3A 및 3B는 본 발명에 따른 지역 고품 폐기물을 생분해하는 방법을 설명한 흐름도; 그리고
- 도 4는 본 발명에 따른 지역 고품 폐기물 처리 시스템의 평면도이다.

실시예

이하, 본 발명을 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 1은 완전히 작동하는 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀 10의 단면도를 나타낸다. 상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀 10은 바닥 내장 시스템 12 및 많은 양의 지역 고품 폐기물 16을 포함하는 커버 14를 포함한다. 상기 내장 시스템은 단순히 진흙 또는 기타 다른 봉합 물질로 된 층일 수 있다. 바람직하게, 상기 내장 시스템 12는 내장면 및 센서 사이에 관찰 영역으로 나뉘어진 두 개의 층으로 구성되어 내장면 상부에서 틈을 찾아낸다. 상기 바닥 내장 시스템은 받아들여진 여과물을 포함하는 액체를 적어도 하나의 수집 영역으로 향할 수 있게 배치된다. 도 1에서 보는 바와 같이, 수집 영역 17은 두 개가 있다. 상기 커버 14는 투과성이 낮아서 혐기성 단계 중에 공기가 유입되고 생분해의 호기성 단계 중에 냄새가 방출되는 것을 막아야 한다. 최종 커버는 투과성이 낮은 진흙만을 사용하거나 제거 가능한 폴리머 멤브레인을 조합하여 구성될 수 있어 상기 바이오리액터 셀 내에 지역 고품 폐기물을 분리시킨다.

또한, 상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀 10은 여과물 수집 및 재순환 시스템 18 그리고 가스 수집 및 운반 시스템 20을 추가로 포함할 수 있고, 도 2에 모식적으로 나타나 있다. 도 1에 보는 바와 같이, 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템 18은 다공성 배수 매개물 24에 잠겨있는 여과물 배수 파이프 22로 구성되고, 이는 전형적으로 자갈 또는 기타 다른 다공성 물질로 된 층이다. 상기 여과물 배수 파이프 22는 구멍이 난 것이 바람직하고, 상기 배수 매개물 24내 상기 수집 영역 17 위치하여 상기 구멍난 파이프들에 여과물이 수집되는 것을 가능하게 한다. 상기 여과물 배수 파이프 22는 상기 지역 고품 폐기물 16의 층들 사이의 본질적인 수평면을 따라 배치된 운반 파이프 26, 펌프 28 및 구멍난 운반 파이프 30과 액체로 연결되어 있다. 모니터 31은 여과물 수집 및 재순환 시스템과 연결되어 온도, pH 및 영양분 함량과 같은 특성을 감시한다. 액체 공급원 32는 적절히 액체를 공급하여 여과물을 보충한다. 완충용액/영양분 공급원 33은 필요한 때 상기 여과물에 완충용액 및 영양분을 공급한다. 또한, 적극적인 온도 조절이 상기 여과물을 가열하는 것이 안정화 및 가스의 생산을 증가시킬 수 있는 추운 기후에 대비하여 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템과 연결되어 제공될 수 있다. 온도 관리는 혐기성 단계 보다는 호기성 단계 중에 더욱 결정적인 역할을 하지만, 온도가 생분해 속도에 굉장히 영향을 미치기 때문에 호기성 단계 뿐만 아니라 혐기성 단계에서도 중요하게 고려되어야 한다. 일반적으로, 작동 온도가 10°C 씩 증가할 때마다 개략적인 과정 역학은 배가 된다 (팔미사노, A. 및 바라즈, M., 고품 폐기물의 미생물학, CRC 출판사, 1996년, 96쪽). 날씨가 추우면, 표면 영역을 최소화하는 매립지 배치 설계 및 폐기물 배치 관행 그리고 매립지 커버 물질 및 두께의 열적 특성에 의한 선택은 열 손실을 최소화하기 위한 고려사항에 포함될 수 있고 포함되어야 한다.

다공성 포장 층 34는 상기 여과물 배수 파이프 22 및 배수 매개물 24를 둘러싸고 있다. 다공성 포장 층 34는 고강도 재료 복합물로 강화된 포장 시스템의 일부로서 아스팔트 또는 롤러로 압축된 콘크리트인 것이 바람직하다. 또한, 둘러싸인 배수구는 상기 다공성 포장 층을 통과하게 제공되어 여과물이 상기 배수 매개물 24 및 여과물 배수 파이프 22로 흐르는 것을 용이하게 한다. 상기 다공성 포장 층의 본질적인 특성은 상기 배수 매개물로 여과물의 신속한 운반 그리고 지역 고품 폐기물이 재생 가능한 바이오리액터 셀에 첨가되고 생분해된 지역 고품 폐기물이 상기 재생 가능한 바이오리액터 셀로부터 제거될 때 장치를 움직이는 무게에 의한 굽힘을 견딜 수 있는 지속성에 있다. 다공성 포장 층 34는 상기 내장 시스템 12가 필요한 과정 수리 시 제거될 수 있고 대체될 수 있는 것이 바람직하다.

상기 가스 수집 및 운반 시스템 20은 상기 지역 고품 폐기물 16내 수평면에 배치되어 액체 운반 파이프 30과 교대되는 다수의 구멍 난 수집 및 운반 파이프 35를 포함한다. 이와 같은 방식으로 상기 가스 수집 및 운반 파이프 35를 통한 여과물의 회수는 최소화 된다. 상기 가스 수집 및 운반 파이프 35는 가역적 배출구/분출구 38와 순서대로 연결된 운반 파이프 36과 연결되어 상기 재생 가능한 바이오리액터 셀 10으로부터 바이오가스를 교대로 회수하거나 또는 상온 공기 유입구 39를 통해 상기 재생 가능한 바이오리액터 셀 10으로 공기를 공급한다.

배출구 38은 다음 순서로 혐기성 분해 시 회수된 메탄을 포함하는 바이오 가스를 처리하기 위하여 바이오 가스 처리 시설 40으로 연결될 수 있고 이는 하기에 좀 더 상세히 기술된다. 배출 파이프 42는 매립 커버 14에 가까이 제공되고 혐기성 단계 중에 바이오 가스를 회수하고 바이오 가스 처리 시설 40으로 운반하기 위하여 또는 호기성 분해 중에 잔여 가스를 바이오 필터 44로 운반하기 위하여 선택적으로 사용될 수 있다. 배출구 46은 상기 배출 파이프 42와 액체 연결되어 그 안의 음성 압력을 유지시킨다. 센서 48은 상기 배출 파이프 42와 연결되어 온도, 배출 용적, 압력, 메탄 농도 및 이산화탄소 농도를 감시한다. 기타 다른 특성도 마찬가지로 감시될 수 있다. 밸브 49는 배출물을 상기 바이오 가스 처리 시설 40 또는 상기 바이오 필터 44 쪽으로 선택적으로 방향을 조절한다. 추가적인 센서 50은 상기 운반 파이프 36과 연결되어 메탄 농도, 이산화탄소 농도, 배출 용적, 압력, 온도 산소 및 용적 유량을 감시한다.

재생 가능한 바이오리액터 처리 셀 10을 제작하는 방법은 도 3의 흐름도의 B 줄 상에 설명되어 있다. 제작 과정은 셀의 기초를 굴착하고 굴착된 흙을 사용하기 위해 저장함으로써 단계 B1에서 시작된다. 다음 단계 B2에서 틈 감시를 위한 관찰 영역을 포함하는 이중 내장 시스템 12이 설치된다. 단계 B3에서는 상기 여과물 배수 파이프 22가 놓이고 상기 배수

매개물 24 가 이와 맞추어 놓인다. 단계 B4 에서는 상기 다공성 포장 층 34 가 설치된다. 단계 B5 에서는 상기 여과물 배수 파이프가 상기 운반 파이프 26 및 상기 펌프 28 과 연결된다. 또한, 단계 B6 에서는 상기 가스 수집 및 운반 시스템 20 이 가스 수집/운반 파이프가 지역 고품 폐기물의 리프트가 설치되기 전에 제대로 놓일 수 없지만 조립될 수는 있다. 단계 B7 에서는 선별된 지역 고품 폐기물이 10 ~ 20 피트 깊이에서 셀 내에 놓여진다.

그 다음, 단계 B8 및 B9 에는 액체 운반 파이프들 또는 첫 번째 리프트 위에 맞추어 놓여진 도랑 (trenches) 30 의 첫 번째 수평면 층 및 가스 수집/운반 파이프 35 를 설치하는 것을 포함한다. 하나 이상의 추가적인 리프트들 (도 2 에서는 보는 바와 같이, 두 개)이 이 첫 번째 리프트 상에 여과물 운반 파이프 30 및 그 위에 놓인 가스 수집/운반 파이프의 추가적인 열들과 함께 놓여질 수 있다. 지역 고품 폐기물의 꼭대기 리프트를 설치한 후에, 도 1 에 나타난 바와 같이 여과물 운반 파이프 30 가 제자리에 놓이고 배출 파이프 42 가 제자리에 놓인다. 또한 단계 B10 에서는 불투과성 매립 커버 14 가 설치된다.

단계 B11 에서는 안정화 모니터들이 상기 매립 커버 14 와 연결되고 단계 B12 에서는 그것들이 처음으로 측정된다. 실연된 투사 바이오리액터들에서 고품 폐기물의 안정화는 불규칙하게 보였다. 초기 안정화는 셀을 채우는 한 두 달 내에는 매우 클 수 있다; 이것은 이후 연장된 기간을 지나 이차적인 안정화 기간에 이르기까지 계속될 수 있다. 보고된 바로는 혐기성 분해 과정 중에 전체 안정화는 15 내지 40 퍼센트 범위에 이른다.

바이오리액터 매립 안정화는 몇 가지 설계 지침을 제시한다:

■ 최종 커버는 물리적으로 손상되지 않고 폐기물의 신속한 안정화를 수용하도록 설계되어야 한다.

■ 가스 및 여과물 수집 파이프는 폐기물의 차별적인 안정화를 수용하도록 설계되어야 한다.

■ 바이오리액터에서 더 낮은 수준으로 폐기물을 압축하면 폐기물을 통과하는 여과물 및 가스의 흐름을 방해하는 낮은 투과성 층이 형성될 수 있다.

안정화는 매립지의 분해 속도를 표시하기 때문만이 아니라 공간 (공적)의 형태로 매립지 소유자에게 직접적 가치의 부여 수단이 되기 때문에 측정하는 것이 중요하다.

물의 고임을 최소화하기 위하여, 투과성이 큰 물질이 단계 B7 에서 폐기물이 하적된 기간 중 일상 커버로서 사용되어야 한다. 셀의 기초에서 굴착된 흙에 공극이 충분하다면, 상기 투과성 커버로 사용될 수 있다. 기타 추천할 만한 커버의 대안으로는 짚 (mulched) 또는 혼합된 야드 폐기물, 거품 또는 제오 - 텍스타일을 들 수 있다. 또한, 타프스 또는 기타 대안의 커버를 사용하여 일상 커버의 용적을 줄이면 폐기물 저장에 필요한 추가적인 용적에 의해 제한 받지 않을 것이다. 일상 커버는 지나치게 끈적이거나 너무 촘촘히 짜인 물질을 피하도록 특정되어야 한다. 이들 특성은 상기 커버 층이 가스 및 액체의 운송을 방해하는 원인이 될 수 있다.

상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀 10 이 최적의 성과를 얻기 위해서는 상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀에서 처리될 폐기 물질의 조성, 물리적 성질, 수분 함량 및 투사된 양을 잘 이해하는 것이 필요하다. 예를 들면, 서로 다른 물질의 폐기물 흐름 (예로, 지역 고품 폐기물 및 바이오 고품물)이 함께 동일한 바이오리액터에서 처리된다면, 각 성분의 상대적인 양을 미리 알고 있어야 한다. 가장 중요하게 고려해야 할 변수들은 다음과 같다:

1. 바로 분해될 수 있는 유기물질의 분획 (예로, 음식물 쓰레기 및 종이 대 나무 폐기물 및 불활성화 물질), 이것은 휘발성인 고체 측정치 또는 생분해되는 분획과 유사하여 안정화 및 바이오 가스 (메탄) 생산의 투자를 가능하게 한다.

2. 암모니아 및 개략적인 질소 이용성을 관리하기 위한 대략적인 질소 함량.

3. 셀이 작동하는 특정 깊이에 놓여진 폐기물의 초기 수분 함량, 벌크 밀도 및 공극 공간.

4. 바이오리액터 셀의 계획 및 최적 크기에 영향을 미칠 수 있는 계절적인 변화를 포함하는 단위 시간 당 부피 및 무게 모두에서 운반 속도.

단계 B7 이전에 폐기물은 도 3 의 흐름도 A 줄에 설명된 바대로 준비되어야 한다. 폐기물의 준비는 단계 A1 에서 상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀에 주입되는 상기 지역 고품 폐기물의 하기 특성 중 적어도 하나 및 바람직하게는 모두를 감시하는 과정을 포함한다: 분해 가능한 지역 고품물 함량, 수분 함량, 공극 공간, 질소 함량, pH, 인 함량, 칼륨 함량, 칼슘 함량, 마그네슘 함량, 염소 함량, 황 함량, 철 함량, 구리 함량, 망간 함량, 아연 함량, 폴리브덴 함량, 니켈 함량 및 바나

듬 함량. 단계 A2에서는 상기 지역 고형 폐기물의 양을 적절히 조정하여 선택 변수들 내 이들 특성들을 가지게 한다. 단계 A3에서는 상기 지역 고형 폐기물의 기지 함량을 기초로 하여 가스 추출 속도가 처음 투사된다. 또한, 단계 A4에서는 수용 한계 용량에 이르는 데 필요한 수분 첨가량이 산정된다.

영양분의 양을 측정하여야 하고, 필요하면 결핍된 영양분은 단계 A1 및 A2에서 첨가되어야 한다. 개략적인 탄소 : 질소 비율은 10 : 1 ~ 40 : 1 범위가 혐기성 분해를 위해 최적이라고 사료된다. 또한, 혐기성 분해를 위해 필요한 질소 및 인이 적당히 공급되어야 한다. 전체 질소 및 인 필요량은 각각 폐기물 내 생분해되는 휘발성 고형물에 들어있는 대략 0.6 ~ 1.8% 및 0.012 ~ 0.036% 범위인 것으로 산정된다. 탄소와 인의 비율은 50 : 1 ~ 200 : 1 범위인 것이 바람직하다. 최적 및 최대 (예로, 독성) 의 암모니아 농도는 각각 700 mg/L 및 3,000 mg/L 이다. 지역 폐기물의 효율적인 생분해에 필요하다고 보고된 바 있는 기타 영양분으로는 나트륨, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 염소 및 황을 들 수 있다 (팔미사노, A. 및 바라즈, M., 고형 폐기물의 미생물학, CRC 출판사, 1996년, 97쪽; 전체에 포함된 함량들).

전형적으로 이들 영양분의 대부분은 혼합된 지역 고형 폐기물에 적당한 농도로 존재하지만, 일부 유기 폐기물 흐름의 경우, 이들에 대해 분석하여 상기 폐기물 흐름을 보충하는 것이 필요할 수 있다. 또한, 몇 가지 극소의 영양분은 혐기성 분해 과정에서 적절히 확인되기도 하였다. 여기에는 철, 구리, 망간, 아연, 몰리브덴, 니켈 및 바나듐이 포함된다 (스피스, R. F., 독성, D. P. 차이노웨스 및 R. 아작슨 판, 바이오매스의 혐기성 분해, 엘스비어 사이언스, 런던, 1987년, 129 ~ 140쪽). 또한, 이 극소 영양분의 양은 감시되어야 하고 필요하면 미리 설정된 변수에 맞추어 보충되어야 한다.

공극 공간의 측면에서, 가스 및 액체가 상기 지역 고형 폐기물의 각 리프트 내에 순환하는 것은 필수적이다. 혐기성 및 호기성 단계를 거치면서 이와 같은 결과를 얻는 데 필요한 정확한 공극도가 상기 지역 고형 폐기물 원의 함수라면, 초기 용적 측정 공극으로 대략 10% 이상이 필요한 공기 및 여과물을 순환하는 데 적당하다고 생각된다. 바람직하게는, 상기 지역 고형 폐기물을 통과하는 순환 과정을 제공하기에 적당하고 충분히 균질한 공극도는 서로 다른 원천에서 나온 폐기 물질을 적절히 혼합함으로써 달성될 수 있다.

또한, pH 관리가 산들이 혐기성 분해의 초기 단계에 축적될 수 가능성이 있기 때문에 필요할 수 있다. 매립지에서 생분해는 일차적으로 복합 탄수화물들의 혐기성 분해를 통해 이루어진다. 셀룰로스 및 헤미셀룰로스는 지역 고형 폐기물의 생화학적 메탄 비율 중 대략 90% 를 넘는 것으로 측정되었다 (팔미사노, A. 및 바라즈, M., 고형 폐기물의 미생물학, CRC 출판사, 1996년, 76쪽). 이들 물질은 다당류가 단당류로 가수분해 되고 다시 유기 산 (주로 아세트이트)이 생산되고 다시 메탄 및 이산화탄소가 생산되는 과정으로 이루어진 두 개 또는 세 개 단계에서 분해되도록 구성된다. 초기 분해 단계에서는 메탄 생산성 미생물과는 구별되는 산 생산 생물체가 이 시스템을 압도하여 산을 많이 생산하고 메탄 생산성 미생물이 번식하는 것을 막는다. 그 이유는 메탄 생산성 미생물이 pH 6.8 내지 7.4 범위에서 매우 활발하고 대략 pH 5 미만에서는 불활성화 되거나 죽기 때문이다 (팔미사노 및 바라즈 참조). 그 결과, 산 형성 생물체가 급격히 성장하여 산을 축적하고 낮은 pH 그리고 메탄 생산성 미생물의 성장 억제를 유도하는 여과물을 재순환하는 초기 단계에서는 pH 및 완충 요구사항에 유의하는 것이 매우 중요하다. 이상적으로 보면, 여과물 pH는 폐기 물질이 충분한 완충 염들을 가지고 있어, pH가 6 미만으로 떨어지는 것을 막아 상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀에 상기 물질이 머무는 동안 메탄의 생성을 억제함으로써 조절된다. 따라서, 유입된 폐기물의 구성을 분석한 결과를 기초로 하여 필요하면, 완충 물질 (폐기 물질로 적당한)은 폐기물이 상기 매립지에 놓이면서 첨가될 수 있다. 또한, 여과물 pH는 상기 재순환된 여과물에서 측정된 낮은 pH에 반응하여 석회 또는 소듐 하이드록사이드 33을 재순환 과정 중에 여과물에 첨가함으로써 조절될 수 있다. 그 결과, 상기 여과물 재순환 시스템은 pH를 감시하고 pH 완충 과정이 필요하게 되면 여과물 재순환 시스템과 연결하여 석회 또는 소듐 하이드록사이드를 공급하도록 설계되어야 한다. pH는 그 빈도가 주간 이상일 필요는 없더라도 자주 감시하는 것이 필요하다. 또한, 회수된 여과물 내의 영양분들도 유사한 간격으로 감시되어야 한다. pH 관리에서와 같이, 영양분 관리도 이상적으로 보면 매립지에 주입되는 폐기 물질이 영양분의 적절한 농도 및 기타 특성을 가지게 함으로써 이루어진다. 그러나, 필요하면 상기 여과물 재순환 시스템에 의한 관리 하에서 영양분이 상기 지역 고형 폐기물에 첨가될 수 있다.

상기에서 기술한 바와 같이, 일단 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀이 하역되고 건축되면, 지역 고형 폐기물의 생분해가 시작된다. 상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀의 건축 목표는 공적을 감소시키고 바이오 가스 (메탄)의 생산을 상승시키며 불활성 물질 및 유용한 산물을 유도하는 처리 과정을 통해 폐기물을 가능한 빨리 이동시키면서 여과물을 그대로 (*in situ*) 처리하고 추가적인 폐기물 또는 여타 목적을 위해 분해 영역을 신속히 재생시키는 것이다. 이러한 결과를 달성하기 위하여 셀이 설계되고 그 방법은 수분 재순환, 잠재적인 영양분 첨가 및 pH 조절로 상승되는 메탄 생산성 생물체에 의한 상기 지역 고형 폐기물의 즉각적인 혐기성 분해를 촉진시키려고 한다. 메탄의 생산은 감시되고 메탄의 생산이 감소되기 시작할 때 처리 과정이 급속히 촉발되어 남아있는 유기 물질의 호기성 분해가 진행된다. 호기성 분해가 시작될 때까지, 혐기성 세균은 폐기물 내 유기 물질을 대부분 소비해야 하고, 이는 연속되는 호기성 단계에서 일어날 수 있는 매립지 화재의 가

능성을 감소시킨다. 메탄 생산성 혐기성 분해를 최대화하는 데 중요한 점은 상기 메탄 생산성 세균의 성장을 억제하는 수준으로 pH가 떨어지는 것을 막는 것이다. 상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀의 작동에 관해서는 도 3의 흐름도 C 및 D 줄을 참조하면 가장 잘 이해될 것이다.

단계 C1에서는 상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀 내에서 생산된 바이오 가스의 수집을 촉발시킴으로써 작동이 시작된다. 단계 C2에서는 가스 추출 속도가 초기에 폐기물이 준비되는 동안 감시된 전형화된 가스 생산에 기초하여 결정된다. 단계 C3에서는 추출된 가스의 실제 구성이 측정되고, 가스 배출 속도는 단계 C4에서 실제 메탄 생산과 연결된다. 생분해 과정 중에 생성된 여과물은 여과물 수집 및 재순환 시스템을 사용하여 단계 C5에서 수집되어 단계 C6에서 고품 폐기물로 운반된다. 단계 C7에서는 액체가 처리되고 있는 지역 고품 폐기물 시스템의 수용 한계 용량의 산정값에 기초하여 필요하면 적절히 첨가된다. 액체가 상기 지역 고품 폐기물에 충분히 존재하면 액체를 추가하는 것은 필요하지 않다. 단계 C8에서는 여과물의 영양분 함량 및 pH가 감시되고 상기 pH는 조정되며, 단계 C9에서는 영양분이 적절히 첨가되어 선택 변수 내 특성을 유지시킨다.

적당한 수분 함량을 유지하는 것이 바이오리액터 처리기의 효율적인 성적을 평가하는 데 가장 중요한 작동 상의 특징이라고 생각된다. 바이오리액터 처리기 내의 물은 영양분들, 효소들 및 미생물들을 운반하고; 억제 화합물들을 희석시키고; 폐기물 표면을 미생물 공격에 노출시키고; 가수분해 반응에서 반응물질로 작용하고; pH 완충용액을 운반한다. 또한, 남은 물은 폐기물 내의 빈 공간에서 산소를 대체하여 혐기성 조건이 이루어지게 한다.

일반적으로 바이오리액터 매립지 내의 수분 함량은 매립지 종사자가 토양 과학자에게서 빌려온 용어인 수용 한계 용량의 개념을 사용하여 논의된다. 일반적으로 수용 한계 용량은 물 시료가 중력에 대항하여 모세관 힘을 통해 보유하게 되는 최대 물의 양으로 정의된다. 이것은 실험실에서 포화된 물 시료를 100 cm 물의 흡입 양정 (suction head)에 주입함으로써 측정될 수 있다. 실제적으로, 수용 한계 용량은 보통 포화된 물 시료가 그냥 방출된 후에 보유하게 되는 물의 양이라고 이해된다. 남아있는 수용 한계 용량으로 폐기물에 물을 첨가하는 것은 (회로가 짧기 때문에 지역 사회에서는 필수 불가결하게 일어난다.) 폐기물로부터 계속 물이 배출되게 할 것이다.

상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀에서 폐기물의 수용 한계 용량을 산정하는 것은 바이오리액터 처리 종사자가 셀에 첨가할 물의 양을 결정하는 데 필요하기 때문에 중요하다. 폐기물의 수분 함량은 수용 한계 용량 또는 그 근사값으로 유지되어야 한다; 이는 셀로부터 여과물이 계속 배출되게 하고 폐기물 내에 액체가 함유된 공극이 증가되게 한다. 수용 한계 용량은 폐기물 조성, 나이 및 밀도의 함수이다. 전형적인 수용 한계 용량은 문헌에 보고된 바로는 수분 무게를 기준으로 20 내지 53% 범위에 있다. (팔미사노, A. 및 바라즈, M., 고품 폐기물의 미생물학, CRC 출판사, 1996년, 37쪽을 참조)

상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀 10의 작동 시 (및 계획 시) 모든 물의 유입 및 유출은 폐기물 내에 최적의 수분 함량을 얻기 위해 감시되고 조절될 필요가 있다. 이들 유입 및 유출에는 다음 사항이 포함된다:

유입: 자연적 물의 침투 (녹은 눈 포함), 여과물의 재순환, 물의 첨가 및 서로 다른 폐기물 흐름에서 기본적인 수분.

유출: 와과물의 수집, 가스 수집 시스템에서 물 증기, 매립지 커버로부터 물의 증발.

자연적 물 (storm water)은 정상적으로 매립지를 작동하도록 개발된 인가된 조정장치 뿐만 아니라 적절한 매립지 표면 선 및 최종 커버에 의해 조절된다. 여과물 재순환 및 물 첨가 (필요하면) 속도는 매립지의 물 발란스를 기초로 하여 적어도 월간으로 상기 유입에서 유출을 공제하여 계산된다.

물 관리와 함께, 메탄의 생산을 최적화하는 것은 상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀의 효율적인 작동에 필수적이다. 매립지에 관한 연구는 전형적인 혐기성 폐기물 안정화는 다섯 개의 연속 단계로 진행된다고 제시한다. 바이오리액터 매립지에서 생산되는 바이오가스의 질과 양은 각 단계마다 변화하고 매립지에서 일어나는 과정을 표시한다. 다섯 단계들 및 각 단계에서 가스 생산의 특징은 비-바이오리액터 매립지에서 각 단계에 걸리는 전형적인 시간과 함께 하기 표에 나열되어 있다.

[표 1]
비-바이오리액터에서 폐기물 분해 단계들 및 가스 생산

| 단계 | 설명 | LFG 생산 | 기간 |
|----|----|--------|----|
|----|----|--------|----|

| | | | |
|---|--|---|------------|
| 1 | 초기 - 호기성 조건들 | 혐기성 세균에 의해이산화탄소만 | 1주까지 |
| 2 | 전이 - 산소가 점차로 소모되고 변형된 생물체가 번성하기 시작한다 | 최소의 메탄 생산 - 산소 결핍 부위에서만 | 1 내지 6개월 |
| 3 | 산 형성 - 매립지 생태가 산 형성 혐기성 및 변형 세균에 의해 압도된다. pH 는 떨어진다. | 메탄 생산이 추가적인 산소 결핍 부위가 메탄 생산성 콜로니를 퍼지게 하면서 증가한다. | 3개월 내지 3년 |
| 4 | 메탄의 생성 - 메탄 생산성 세균은 전체 매립지가 산소 결핍이 된 후에 번성하고 많은 유기물들은 당류 및 산들로 분해된다. | 최대의 메탄 생산 | 8년 이상 |
| 5 | 발효 - 유용한 유기 기질이 제한되어 생물학적 활성이 떨어진다. | 바이오가스 생산은 긴 쇠퇴 단계에 이르러 제로가 접근한다. | 매립지가 닫힌 이후 |

상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀 10 은 분해의 초기 단계 (단계 1 ~ 3)에서 표 1 에 인용된 시간 범위의 낮은 기준을 채택하여 메탄 형성 단계가 폐기물을 하역한 후 1년 이하 이내에 메탄 생산의 최고점은 2년 이내에 진행될 수 있다. 상기 셀은 3년 이내에 상기 메탄 생산이 감소되기 시작하여 유기 분해되는 폐기물의 대부분이 소모된다. 이 시점에서 본 발명은 생분해 과정이 혐기성에서 호기성으로 전환되도록 한다.

가스 유량 속도 및 조성은 매일 측정하는 것이 바람직하고, 특히 메탄이 에너지 원으로 사용되는 경우 그러하다. 서로 다른 매립지 영역들에서 메탄의 추출 속도는 실제로 생산되는 메탄의 양을 구하기 위해 조절되는 것이 필요할 것이다; 과도한 추출은 공기 유입으로 야기되는 국부적인 호기성 분해를 나타내는메탄에 대한 높은 이산화탄소 비율에 의해 알 수 있다.

상기에서 논의된 바와 같이, 메탄의 생산이 감소되면서 본 발명의 방법은 혐기성에서 호기성으로 전환된다. 이 작동 단계는 도 3의 흐름도 D 줄에 나타나 있다. 첫 번째 단계 D1 에서는 바이오필터 44 가 제작되어 상기 재생 가능한 바이오리액터 셀 10 으로부터 방출되는 공기를 조절한다. 단계 D 2 에서는 혐기성 분해를 멈추고 호기성 분해를 촉진시키는 가스 수집/운반 파이프 35 를 통해 공기가 바이오리액터 셀 내로 들어간다. 남아있는 공기는 배출 파이프 42 에 머물며 상기 바이오필터 44 내로 운반된다. 자극 받은 호기성 분해는 남아있는 분해 가능한 유기 물질을 소비하여 불활성 또는 복합 유기 물질로 변화시킬 것이다. 이 과정은 대략 45 ~ 85 일 이내에 끝나쳐진다. 정상적으로 호기성 분해와 연관되어 있는 매립지 화재의 위험성은 쉽게 분해되는 물질 대부분이 미리 혐기성 분해 과정으로 분해되기 때문에 최소화될 것이다. 또한, 이 위험성은 발화점은 정상적으로 밀도가 높고 습하며 공극이 없어 열이 이동 없이 축적되는 곳이기 때문에 공기가 들어가는 층의 깊이를 최소화하고 공극 균일도를 조절함으로써 제한될 수 있다.

호기성 및 혐기성 분해 모두를 수용하기 위하여, 가스 배출 파이프 34, 42 가 혐기성 분해 단계 중에 최대 바이오가스 생산 및 호기성 분해 단계 중에 필요한 공기 운반 모두를 조절하게 설계되어야 한다. 바이오가스의 생산 속도는 3측정 시 효율적인 바이오리액터의 작동으로 인해 예상되는 가스 생산의 가속화를 고려해야 한다. 연구들을 통해 바이오리액터 작동이 일반적인 매립지 작동에 비하여 바이오가스 생산을 2.1 내지 4.5 배 증가시키는 것이 보고되었다. 이를 산정할 목적으로, 본 발명자들은 메탄 생성 속도가 0.25 ft³/파운드/년으로 정할 것을 추천하는 데, 이는 습지로부터 산정된 전형적인 속도인 0.1 ft³/파운드/년의 대략 2.5 에 이른다.

도 3의 흐름도 D 줄로 돌아가서, 단계 D3 에서는 호기성 분해 단계 중에 상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀에 공기가 주입되는 초기 속도는 유기 물질을 복합시키는 데 필요한 속도를 기초로 한다. 단계 D4 에서는 배출 파이프 42 를 통해 방출되는 공기가 온도, 이산화탄소 함량 및 메탄의 생산을 측정하도록 감시된다. 단계 D5 에서는 공기 유입 속도가 호기성 분해의 해당 온도에 이르고 메탄의 생산 (혐기성 분해를 나타낸다.)을 최소화하기 위하여 유지되어야 한다. 바람직하게는, 온도가 매립지의 화재 가능성을 최소화하게 도울 수 있도록 200°F (93°C) 미만으로 유지된다.

호기성 분해 중에, 여과물 재순환 및 액체 첨가는 필요하면 물 요구량을 기초로 하여 단계 D6에서 계속 이어진다. 또한, 여과물의 특성은 단계 D7 에서선택 변수들 내의 pH, 전체 질소, 질산염, TKN, 암모니아, 전체 인, 극소량의 영양분 및 잔여 미생물들을 확인하여 감시된다. 혐기성 분해 단계에서와 같이, 재순환된 여과물은 단계 D8 에서 상기 선택 변수 내의 특성을 유지시키는 완충용액 또는 영양분을 적절히 첨가하는 담체로서 사용될 수 있다. 단계 D9 에서는 방출된 냄새가 감소되고 온도가 떨어지는 것으로 감시되는 때 공기 주입을 끝내고 도 3 의 흐름도 E 줄에 설명된 바와 같이 재생 가능한 바

이오리액터 처리 셀을 재생시킬 수 있다. 당업자라면 당연히 알 수 있는 바와 같이, 냄새가 감소되는 것은 휘발성 지방산/유기산의 농도가 감소되는 것을 표시하고 이는 호기성 분해가 끝나가는 것을 말해준다. 냄새는 강도 및 불쾌 정도(즉, 썩은 냄새 / 신선한 냄새 / 분변 냄새 / 매립지 악취 등)로 확인될 수 있다.

상기 바이오리액터 셀을 재생하는 첫 번째 단계 E1 은 최종 커버 14 를 제거하는 것이고, 다시 단계 E2 에서는 배출 파이프 42, 가스 수집 및 운반 파이프 35 및 여과물 운반 파이프 30 을 제거한다. 이후 단계 E3 에서 안정화된 지역 고품 폐기물은 굴착되고, 처리되어진 지역 고품 폐기물의 특성에 따라 처분되거나 단계 E4 에서 사용하기 위해 처리될 수 있다.

하기 표 2 는 상기에서 논의된 작동 상의 변수 및 조절 방법을 상기 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀의 혐기성 및 호기성 작동 측면에서 정리하였다.

[표 2]
작동 상의 변수들 및 조절 방법들

| 변수 | 최적 조건 | 측정 | 조절 방법 |
|-------------------------------------|---|--------------------------------------|--|
| 폐기물 조성 (썩기 쉬운 유기물 함량, 질소, 인, 수분) | 목표 범위가 10 : 1 내지 40 : 1 인 C : N 비율 및 목표 범위가 50 : 1 내지 200 : 1 인 C : P 비율로 수용 한계 용량에 근접한 폐기물 | 조성 연구들 | 특성이 변화하는 폐기물을 혼합하여 최적의 조건을 확립한다. |
| 그대로의 수분 함량 | 목표 범위가 40 ~ 55% 로 설정된 수용 한계 용량 | 측정된 입력/출력으로 물 균형을 맞추어 산정; 매립지의 피에조미터 | 여과물 재순환 및 물 첨가의 조절 |
| pH | pH = 6.8 내지 7.4 | 여과물 pH | 폐기물 내 또는 재순환된 여과물에 첨가된 완충액들, 마지막 정착지로 재순환 여과물에 첨가된 염기들 |
| 질소 | 전체 N > 여과물에서 COD 1.2%, 암모니아 700 mg/L 및 < 3,000 mg/L | 여과물 질소, 질소 TKN 및 암모니아 | 질산염의 첨가, 질화 및 암모니아가 많은 여과물의 재도입 |
| 인 | > 여과물의 COD 0.024% | 여과물 P | 재순환된 여과물에 인을 첨가 |
| 가스 유량, 메탄, 이산화탄소 및 산소 | MSW 가 0.25 ft ³ /lb/yr 로 산정된 최대의 가스 생산 | 각 가스 헤더에서 휴대용 기기로 측정된 실시간 유량 및 가스 조성 | 유량 속도를 조절하여 지나친 추출을 피하는 배출구 및 밸브의 조정 |
| 공기 유량 (호기성 분해 단계 중) | 200° F (93° C) 미만의 복합 온도를 가지는 조절 온도 (목표 범위는 0.25 내지 2.5 cfm/cy이다.) | 복합 폐기물에 있는 온도 탐침 | 주입구 및 밸브의 조정 - 유량을 스토이키오메트릭 최소값 초과 상태로 더 낮은 온도가 되도록 증가시킨다. |
| 온도 (혐기성 단계 중) | 최대의 온도 (혐기성 조건을 유지하는 동시에) | 여과물 및 가스 온도 | 열 손실을 최소화하는 폐기물의 배치 |
| 안정화 | 최대 | 매립지 표면 상의 안정화 모니터 | N/A |

도 4 는 본 발명에 따른 고품 폐기물 관리 시스템 및 시설을 나타낸 것이다. 도 4 의 시설은 다양한 작동 단계에 있는 많은 수의 바이오리액터 셀 10A ~ 10D 를 포함하고 있다. 보다 상세하게, 상기 셀 10A 는 지역 고품 폐기물로 채워지는 과정에 있다. 셀 10B 는 혐기성 분해 방식으로 작동되고 있다. 셀 10C 는 호기성 분해 방식으로 작동되고 있다. 셀 10D 는 발굴되어 재생되는 과정에 있다. 상기 시설은 전형적인 매립지 90 과 근접하게 놓인 셀을 반영하고 있다. 또한 상기 시설은 상기 다양한 셀 10A ~ 10D 의 여과물 수집 및 재순환 시스템으로부터 여과물을 받아낼 수 있는 여과물 저장 탱크 92 를 포함한다. 이 탱크는 상기 다양한 셀 사이의 여과물 생산 및 소비 과정에 균형을 맞출 수 있다. 또한, 상기 시설은 처리된 분리된 지역 고품 폐기물을 받아내는 저장고 94 를 포함한다. 바이오필터 44 는 호기성 분해 방식으로 작동하는 셀들로부터 방출된 공기를 처리하기 위해 제공된다. 마지막으로, 바이오가스 처리 시설 40 이 포함된다.

도 4 에 나타난 네 개의 셀과 함께, 더 많은 셀이 공급되어 다양한 지역 고품 폐기물이 생분해된 폐기물의 회수 또는 처분을 위해 개별적으로 생분해될 수 있다. 보다 상세하게, 일부 셀들은 유기물과 함께 (즉, 플라스틱, 유리, 금속) 다양한 고품 폐기물을 포함하는 혼합된 지역 고품 폐기물을 처리하고 기타 셀들은 분리된 지역 고품 폐기물을 처리하는 데 사용될 수 있다.

음식물 쓰레기 또는 기타 유기물을 분리하지 않은 지역 고품 폐기물을 상기 바이오리액터에 그대로 사용하려면, 매립지 90 에서 최종 처분되기 전에 폐기물에 대한 전처리 시스템으로 작동하는 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀 10 에 의존해야 한다. 전형적인 지역 고품 폐기물은 재순환 전환 직후에도 여전히 종이, 셀룰로스, 야채 및 음식물은 본래 무게의 대략 절반 정도로 포함하기 때문에 이 물질을 처분 전에 재생 가능한 바이오리액터에서 분해하는 능력은 처분을 요구하는 폐기물의 부피와 무게를 상당히 감소시킬 수 있다. 이 경우에 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀 10A ~ 10D 로부터 제거되는 분해된 불활성 물질은 매립지 90 에서 궁극적으로 처분되는 폐기물의 부피를 상당히 감소시킨다.

추가적인 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀은 분리된 지역 고품 폐기물을 위해 공급될 수 있다. 상기 분리된 지역 고품 폐기물은 음식물 쓰레기 및 야채 쓰레기와 기타 물질이 혼합된 기타 유기 물질을 포함하여 효율적인 혐기성 및 호기성 분해를 위해 필요한 물리적 및 화학적 특성을 가질 수 있다. 화학적 잔여기들, 플라스틱, 유리 및 금속 오염물을 제한하는 방식으로 폐기물이 수집될 수 있다. 이것은 최종 산물이 토양 및 토양 조정을 위한 공중 보건 및 생식 기준을 만족시킬 수 있게 보장해준다. 분리된 폐기물에 사용되는 바이오리액터 셀들은 처리된 폐기물이 검색되고 적절한 산물로 재사용되기 위해 저장될 수 있는 저장고 94 와 아주 근접하게 놓인다. 선택적으로, 유출된 산물은 매립지 90 으로 돌아가 분해된 분리된 폐기물이 사용될 만한 가치가 없으면 궁극적으로 처분될 수 있다.

상기 재생 가능한 처리 셀 10 은 재생되어 분리된 또는 혼합된 지역 고품 폐기물을 처리하는 데 배치될 수 있기 때문에, 도 4 에 나타난 부위는 작동 상 유연하게 조절될 수 있어 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀 10A ~ 10D 는 다양한 유형의 작동으로 이동하고 지역 고품 폐기물 처리 상의 요구사항 및 처리된 복합 물질의 요구를 만족시킬 수 있다.

산업상 이용 가능성

상기에서 기술한 바와 같이, 본 발명의 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀, 지역 고품 폐기물 관리 시스템 및 지역 고품 폐기물을 처리하는 방법은 공간을 감소시키고 바이오가스의 생산을 상승시키며 그대로 여과물을 처리할 뿐만 아니라 폐기물이 가능한 신속하게 분해된 물질 및 사용 가능한 산물로 처리하는 과정으로 이동하고 추가적인 또는 기타 목적의 폐기물에 대한 신속한 분해를 유도하도록 설계되어 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

- (a) 많은 양의 지역 고품 폐기물을 공급하는 단계;
 - (b) 상기 지역 고품 폐기물에 메탄 생산성 생물체에 의한 혐기성 분해를 촉진하여 메탄을 생산하는 단계;
 - (c) 상기 지역 고품 폐기물로부터 메탄의 생산이 감소되는 것을 감시하는 단계; 및
 - (d) 상기 단계 (c) 를 거친 후 상기 지역 고품 폐기물의 호기성 분해를 촉진하는 단계:
- 를 포함하는 지역 고품 폐기물의 생분해 방법.

청구항 2.

- 제 1항에 있어서,
- 상기 단계 (b) 이전에,

(a1) 상기 지역 고형 폐기물의 하기 특성 중 적어도 하나를 감시하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

(분해 가능한 지역 고형물 함량, 수분 함량, 질소 함량, pH, 인 함량, 칼륨 함량, 칼슘 함량, 마그네슘 함량, 염소 함량, 황 함량, 철 함량, 구리 함량, 망간 함량, 아연 함량, 몰리브덴 함량, 니켈 함량 및 바나듐 함량)

청구항 3.

제 2항에 있어서,

상기 단계 (a1) 이후 그리고 단계 (b) 이전에 상기 지역 고형 폐기물의 양을 적절히 조절하여 선택 변수들 내 적어도 하나의 특성을 가지게 하는 것을 특징으로 하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

청구항 4.

제 1항에 있어서,

상기 단계 (b) 진행 중에 상기 지역 고형 폐기물의 하기 특성 중 적어도 하나를 감시하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

(분해 가능한 지역 고형물 함량, 수분 함량, 질소 함량, pH, 인 함량, 칼륨 함량, 칼슘 함량, 마그네슘 함량, 염소 함량, 황 함량, 철 함량, 구리 함량, 망간 함량, 아연 함량, 몰리브덴 함량, 니켈 함량 및 바나듐 함량)

청구항 5.

제 4항에 있어서,

상기 지역 고형 폐기물의 양을 적절히 조정하여 선택 변수들 내 적어도 하나의 특성을 가지게 하는 것을 특징으로 하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

청구항 6.

제 1항에 있어서,

상기 단계 (b) 진행 중에 pH 를 감시하고 적절히 조절하여 메탄 생산성 생물체의 성장을 촉진시킬 수 있도록 pH 를 높게 유지시키는 것을 특징으로 하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

청구항 7.

제 6항에 있어서,

상기 pH 는 6.8 ~ 7.4 범위를 유지하는 것을 특징으로 하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

청구항 8.

제 1항에 있어서,

(b1) 상기 단계 (b)에서 생산된 메탄을 수집하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

청구항 9.

제 8항에 있어서,

상기 단계 (b1)은 지역 고형 폐기물의 양과 작동 상으로 연결된 가스 수집 및 운반 시스템을 제공하여 이루어지고,

(b2) 상기 가스 수집 및 운반 시스템에 모아진 가스 함량을 감시하고 가스 수집 속도를 적절히 조절하여 메탄의 수집을 극대화시키는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

청구항 10.

제 1항에 있어서,

상기 단계 (b) 및 (c) 진행 중 상기 지역 고형 폐기물로부터 여과물을 수집하고 상기 여과물을 상기 지역 고형 폐기물로 재순환 시키는 여과물 수집 및 재순환 시스템을 제공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

청구항 11.

제 10항에 있어서,

상기 여과물은 적절히 액체가 보충되어 상기 지역 고형 폐기물의 수분 함량을 적어도 지역 고형 폐기물의 수용 한계 용량으로 유지시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

청구항 12.

제 5항에 있어서,

상기 단계 (b) 및 (d) 진행 중에 상기 지역 고형 폐기물로부터 여과물을 모으고 상기 여과물을 상기 지역 고형 폐기물로 돌려보내며, 상기 지역 고형 폐기물의 양이 상기 지역 고형 폐기물로 돌아온 상기 여과물을 조정하여 조절되는 여과물 수집 및 재순환 시스템으로 구성된 것을 특징으로 하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

청구항 13.

(a) 여과물 수집 및 재순환 시스템 그리고 가스 수집 및 운반 시스템으로 이루어진 바이오리액터 셀을 공급하는 단계;

(b) 많은 양의 지역 고형 폐기물을 공급하는 단계;

(c) 상기 지역 고형 폐기물의 하기 특성 중 적어도 하나를 감시하는 단계: 분해 가능한 지역 고형물 함량, 수분 함량, 질소 함량, pH, 인 함량, 칼륨 함량, 칼슘 함량, 마그네슘 함량, 염소 함량, 황 함량, 철 함량, 구리 함량, 망간 함량, 아연 함량, 몰리브덴 함량, 니켈 함량 및 바나듐 함량;

(d) 상기 지역 고형 폐기물을 적절히 조정하여 선택 변수들 내 적어도 하나의 특성을 가지게 하는 단계;

(e) 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템 그리고 가스 수집 및 운반 시스템과 작동 상으로 연결된 바이오리액터 셀 안에 상기 지역 고형 폐기물을 하역하는 단계;

(f) 상기 지역 고형 폐기물에 메탄 생산성 생물체에 의한 혐기성 분해를 촉진하여 메탄을 생산하는 단계;

(g) 여과물 수집 및 재순환 시스템에서 모아진 여과물을 다시 상기 지역 고형 폐기물로 재순환 시키는 단계;

(h) 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템의 액체를 적절히 보충하여 상기 지역 고형 폐기물의 액체 함량을 수용 한계 용량으로 유지시키는 단계;

(i) 상기 가스 수집 및 운반 시스템을 사용하여 생산된 메탄을 수집하는 단계;

(j) 수집된 메탄을 감시하는 단계; 및

(k) 상기 지역 고형 폐기물로부터 메탄의 생산이 감소하는 것으로 보일 때, 상기 가스 수집 및 운반 시스템을 사용하여 상기 지역 고형 폐기물에 공기를 주입함으로써 상기 지역 고형 폐기물의 호기성 분해를 촉진하는 단계

를 포함하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

청구항 14.

제 13항에 있어서,

단계 (k)에서 상기 지역 고형 폐기물로부터 배출된 가스의 온도를 감시하고 주입된 공기의 양을 변화시킴으로써 선택 변수 등 내의 온도를 유지시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

청구항 15.

제 13항에 있어서,

단계 (d)는 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템의 액체를 보충하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 지역 고형 폐기물의 생분해 방법.

청구항 16.

(a) 여과물 수집 및 재순환 시스템 그리고 가스 수집 및 운반 시스템으로 이루어진 다수의 바이오리액터 셀을 공급하는 수단;

(b) 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템 그리고 가스 수집 및 운반 시스템과 작동 상으로 연결된 상기 바이오리액터 셀들 중 하나에 많은 양의 분리된 고형 폐기물 및 혼합된 고형 폐기물 중 하나를 공급하는 수단;

(c) 상기 지역 고형 폐기물에 메탄 생산성 생물체에 의한 혐기성 분해를 촉진하여 메탄을 생산하는 수단;

(d) 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템을 사용하여 분리된 고형 폐기물 및 혼합된 고형 폐기물 중 상기 하나로 여과물을 재순환 시키는 수단;

(e) 상기 여과물 수집 및 재순환 시스템의 액체를 적절히 보충하여 상기 지역 고형 폐기물의 액체 함량을 수용 한계 용량으로 유지시키는 수단;

(f) 상기 가스 수집 및 운반 시스템을 사용하여 생산된 메탄을 수집하는 수단;

(g) 수집된 메탄을 감시하는 수단; 및

(h) 상기 지역 고형 폐기물로부터 메탄의 생산이 감소하는 것으로 보일 때, 상기 가스 수집 및 운반 시스템을 사용하여 지역 고형 폐기물에 공기를 주입함으로써 상기 지역 고형 폐기물의 호기성 분해를 촉진하는 수단;

을 포함하는 고형 폐기물의 처분을 위한 고형 폐기물 관리 시스템.

청구항 17.

제 16항에 있어서,

다수의 바이오리액터 셀들에 근접하게 매립지를 제공하고, 상기 매립지에 생분해된 혼합된 고형 폐기물을 축적하는 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고형 폐기물의 처분을 위한 관리 시스템.

청구항 18.

제 16항에 있어서,

다수의 바이오리액터 셀들에 근접하도록 생분해된 분리된 고형 폐기물을 위한 저장고를 제공하고, 상기 저장고에 생분해되는 혼합된 고형 폐기물을 축적하는 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고형 폐기물의 처분을 위한 관리 시스템.

청구항 19.

제 16항에 있어서,

다수의 셀 각각을 하역 (loading), 혐기성, 호기성, 재생 또는 공백 모드 중 하나로 유지시키는 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고형 폐기물의 처분을 위한 관리 시스템.

청구항 20.

제 16항에 있어서,

상기 여과물 수집 및 재순환 시스템은 분리된 고형 폐기물 및 혼합된 고형 폐기물들 중 상기 하나를 받쳐주는 여과물 수집 파이프로 구성되어, 생분해 과정 중에 상기 폐기물의 양을 지지하는 여과물 수집 파이프를 둘러싸는 투과성 포장 층을 더 포함하는 고형 폐기물의 처분을 위한 시스템인 것을 특징으로 하는 고형 폐기물의 처분을 위한 관리 시스템.

청구항 21.

바닥 내장면 상에 축적된 여과물이 적어도 하나의 수집 영역으로 향하도록 배치된 바닥 내장면;
각 수집 영역과 작동 상으로 연결되어 바닥 내장면 상에 축적된 여과물을 받아내는 여과물 배수 파이프; 및
상기 여과물 배수 파이프를 둘러싸는 다공성 포장 층:을 포함하는 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀.

청구항 22.

제 21항에 있어서,

상기 바닥 내장면 및 다공성 포장 층 사이에 다공성 배수 매개물을 포함하여 각 여과물 배수 파이프가 상기 다공성 배수 매개물에 잠기는 것을 특징으로 하는 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀.

청구항 23.

제 21항에 있어서,

각 여과물 배수 파이프와 액체 연결되어 다수의 구멍난 운반 파이프들을 포함하여 적어도 하나의 수집 영역에서부터 다공성 포장 층에 놓여있는 지역 고품 폐기물:에까지 여과물을 운반하는 것을 특징으로 하는 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀.

청구항 24.

제 22항에 있어서,

상기 다공성 포장 층은 아스팔트 또는 시멘트 콘크리트로 구성되고, 상기 아스팔트 또는 시멘트 콘크리트는 아스팔트의 최상층 표면 및 다공성 배수 매개물 사이를 연결하는 다수의 배수구를 포함하는 것을 특징으로 하는 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀.

청구항 25.

제 22항에 있어서,

상기 다공성 포장 층은 고강도 제오 복합물로 강화된 포장 시스템의 일부로서 롤러로 압축된 콘크리트로 구성된 것을 특징으로 하는 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀.

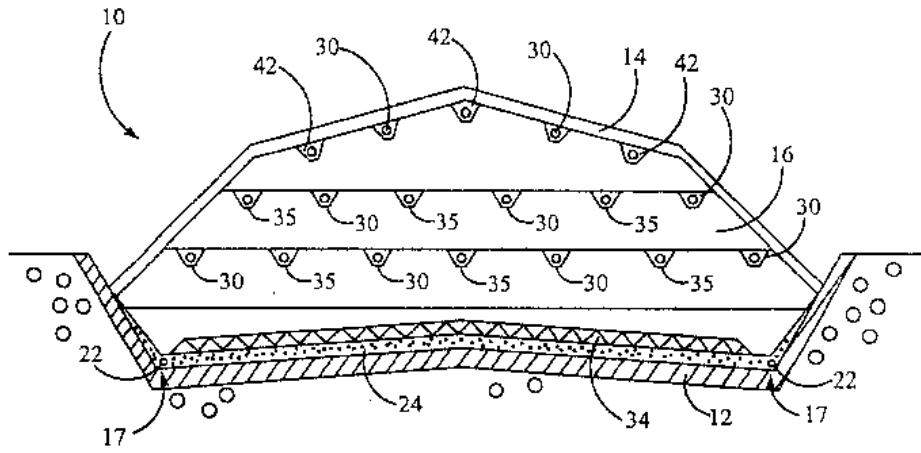
청구항 26.

제 22항에 있어서,

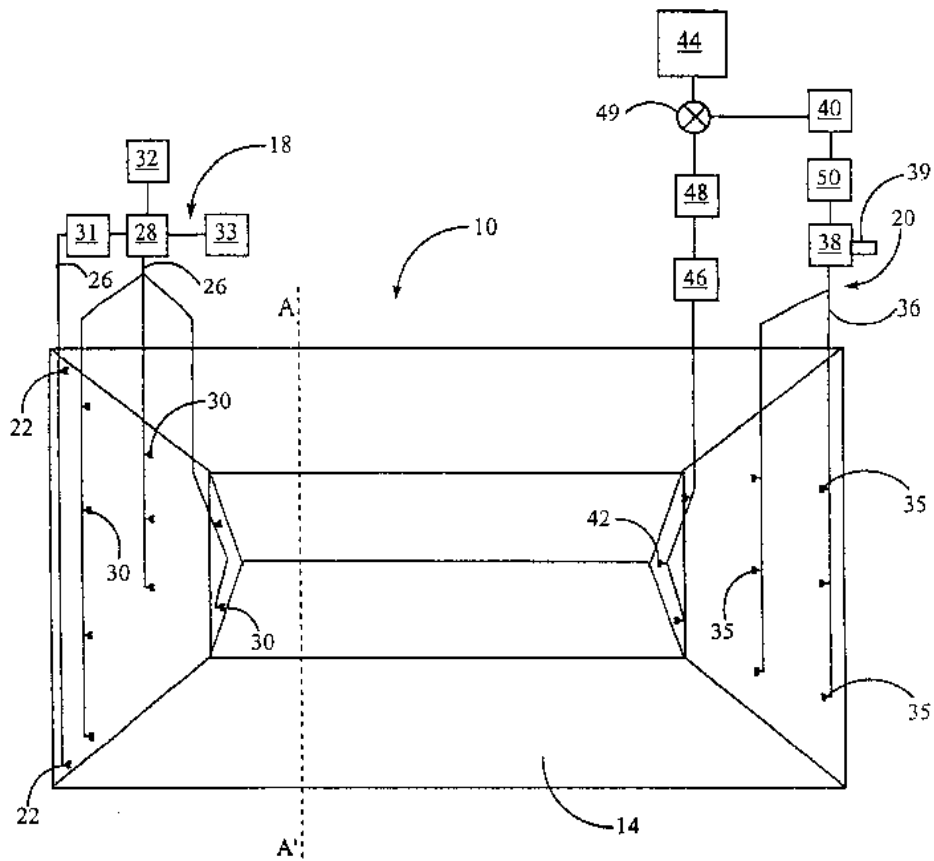
상기 다공성 포장 층은 상기 다공성 배수 매개물로부터 제거될 수 있어 상기 바닥 내장면에 접근 가능하도록 배치된 것을 특징으로 하는 재생 가능한 바이오리액터 처리 셀.

도면

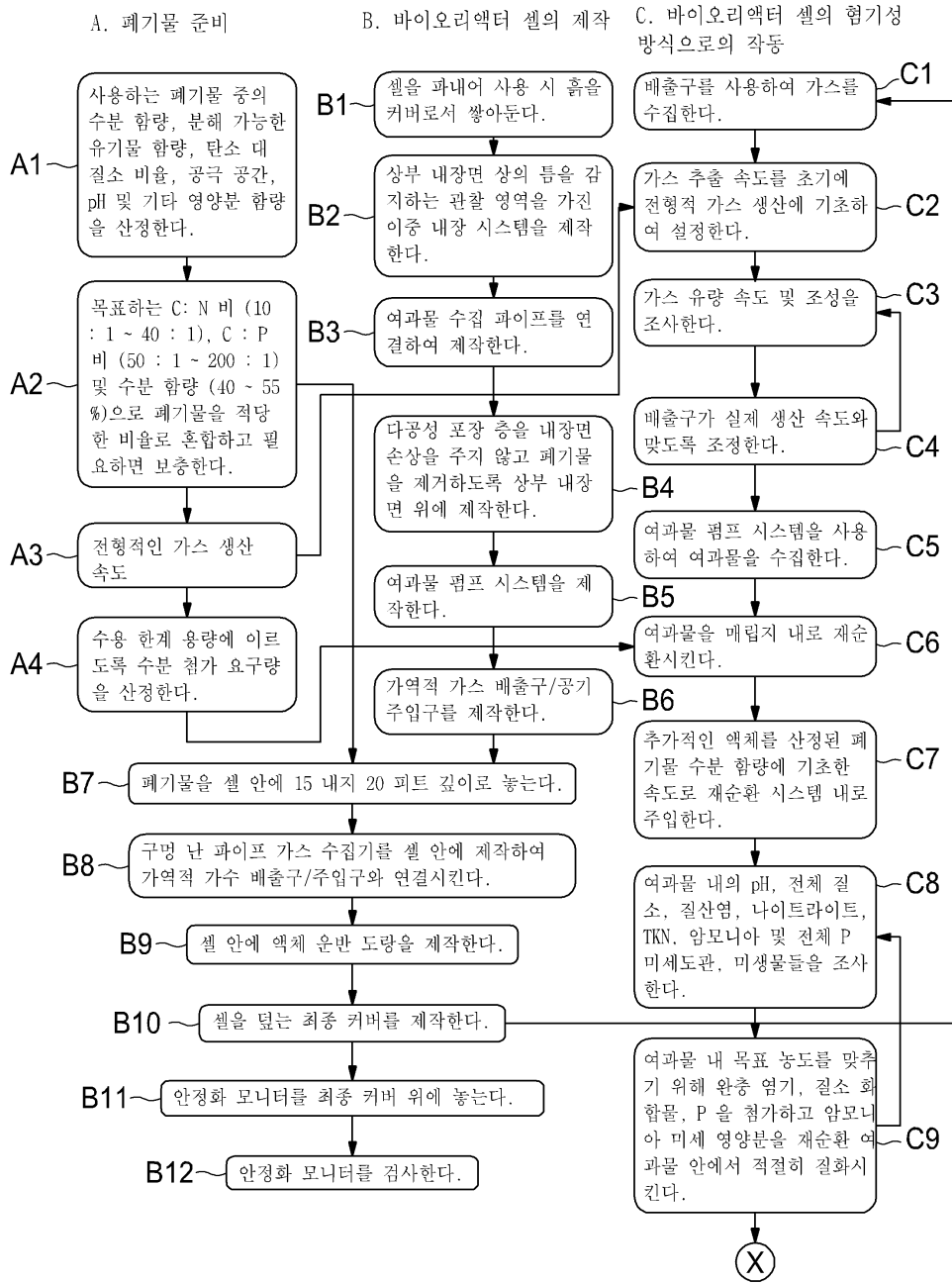
도면1



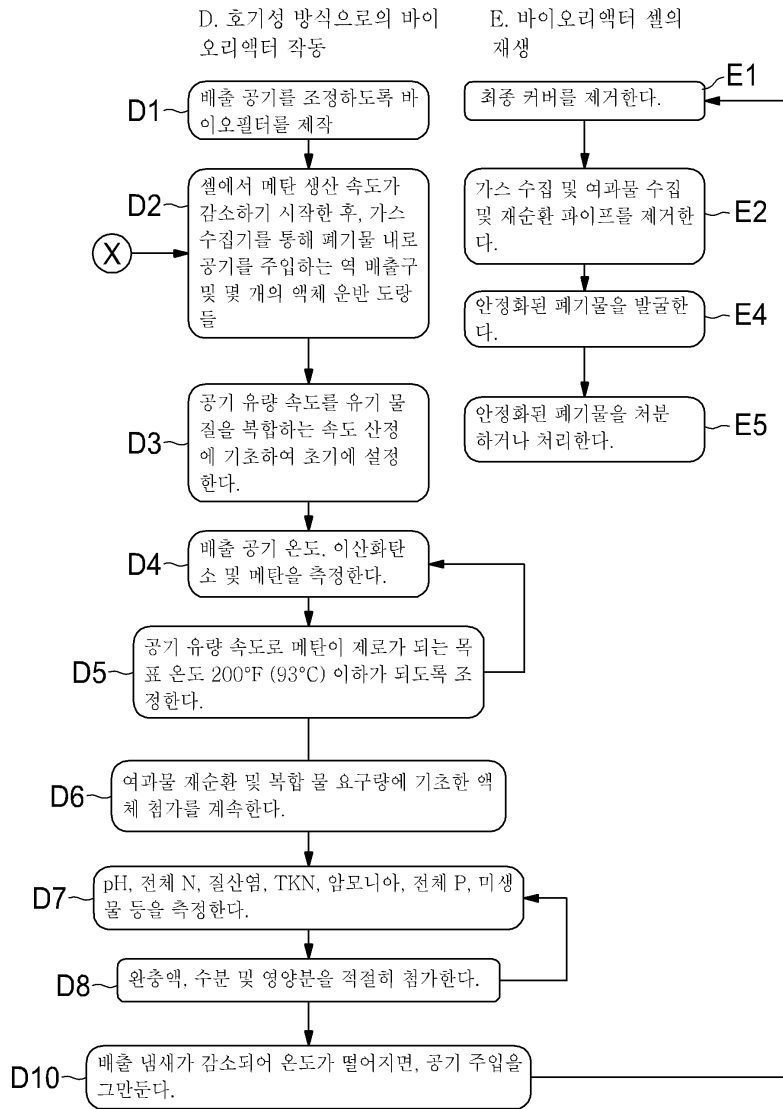
도면2



도면3A



도면3B



도면4

