



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0029264
(43) 공개일자 2009년03월20일

(51) Int. Cl.

(71) 출원인

C12M 1/00 (2006.01) *C12M 1/14* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7000671

커르츠 말콤 글렌

미국 79821 텍사스주 앤소니 웨스트 빈톤 로드
401

(22) 출원일자 2009년01월13일

(72) 발명자

심사청구일자 없음

커르츠 말콤 글렌

법적문제출일자 2009년01월13일

미국 79821 텍사스주 앤소니 웨스트 빙톤 로드
401

(86) 국제출원번호 PCT/US2007/071165

(74) 대리인

국제출원일자 2007년06월14일

유미특허법이

(87) 국제공개번호 WO 2007/147028

국제공개일자 2007년12월21일

(30) 우선권주장

11/762 295 2007년06월13일 미국(IIS)

(뒷면에 계속)

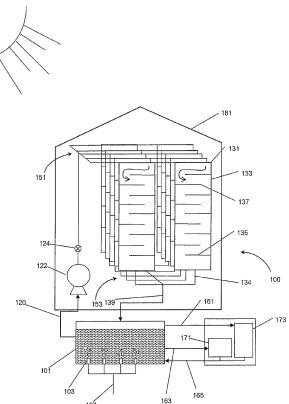
전체 청구항 수 : 총 39 항

(54) 이산화탄소 격리를 위한 방법 및 장치

(57) 요약

조류를 이용한 CO₂ 격리 방법 및 장치는 복수개의 수직으로 매달려 있는 생물 반응기를 포함하며, 각각의 생물 반응기는 반투명 상태로서 복수개의 배플(baffle)에 의해 형성된 흐름 채널을 포함한다. 배양 탱크는 물과 1종 이상의 조류의 혼탁액을 포함하며, 상기 혼탁액으로 CO₂ 함유 가스를 도입하기 위한 복수개의 가스 분사부를 포함한다. 배양 탱크는 광 존재 하에 채널을 통해 상기 혼탁액을 흐르게 하기 위한 각각의 채널에서 입구와 유체 연통하고 있다. 펌프는 상기 혼탁액을 상기 채널 유입구로 펌핑한다.

대표도 - 도1



(30) 우선권주장

60/804,763 2006년06월14일 미국(US)

60/892,331 2007년03월01일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

광 존재 하에서 조류를 함유하는 혼탁액의 연속 흐름을 위한 채널을 구비한 하나 이상의 반투명(translucent) 생물 반응기를 포함하는 CO₂ 격리용 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

물과 1종 이상의 조류의 혼탁액을 함유하는 배양 탱크를 더 포함하고, 상기 배양 탱크는 CO₂ 함유 가스를 상기 혼탁액으로 도입하기 위한 복수개의 가스 분사부를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 생물 반응기는 상기 하나 이상의 생물 반응기의 최상부에 위치한 유입구를 구비하고, 각각의 유입구는 상기 배양 탱크와 유체 연통하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 하나 이상의 생물 반응기의 상기 유입구로 상기 혼탁액을 펌핑하기 위한 펌프를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 하나 이상의 생물 반응기는 상기 채널을 형성하는 복수개의 배풀을 구비한 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 복수개의 배풀은 수평으로 배열된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 복수개의 배풀은 기울여져 배열된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 복수개의 배풀은 상방 각도(upward angle)로 배열된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 복수개의 배풀은 상이한 각도로 배열된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 생물 반응기는 수직으로 매달려 있는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 생물 반응기는 반투명인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 생물 반응기는 가요성 폴리머 재료로 만들어진 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 폴리머 재료는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리스티렌, 폴리에스테르, 폴리아크릴산, 또는 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 생물 반응기는 가스 유입구를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 채널은 복수개의 수직 배플을 구비한 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 조류는 클로렐라(*Chlorella*)인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 채널은 폭이 약 3인치 이하인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 생물 반응기는 매트릭스 형상으로 배열되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 19

제1항에 있어서,

인공 광원을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 20

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 생물 반응기의 저부는 상기 혼탁액을 상기 배양 탱크로 회송하는 배출구를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 21

제1항에 있어서,

상기 배양 탱크와 유체 연통하는 조류 수확기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 22

제2항에 있어서,

상기 배양 탱크와 유체 연통하는 수 재생 처리기(water recycler)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 23

제1항에 있어서,

각각의 생물 반응기는 적어도 2개의 부재 사이에 배치되고, 상기 적어도 2개의 부재는 각 생물 반응기의 양쪽 면에 수평으로 이동 가능하게 배치되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 24

물과 조류의 혼탁액을 형성하는 단계;

하나 이상의 반투명 생물 반응기 내에 형성된 채널을 통해 상기 혼탁액을 흐르게 하는 단계;

상기 조류를 광에 노출하는 단계; 및

광합성에 의해 CO₂를 유기 화합물로 전환하는 단계를 포함하는 CO₂ 격리 방법.

청구항 25

제24항에 있어서,

CO₂가 상기 혼탁액에 용해되도록 상기 혼탁액으로 채워져 있는 배양 탱크내로 CO₂ 함유 가스를 도입하는 단계;
및

상기 배양 탱크로부터 상기 채널을 통해 중력 흐름에 의해 상기 혼탁액을 통과시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 26

제24항에 있어서,

상기 채널은 상기 채널을 통한 상기 혼탁액의 흐름 내에서 와류를 형성하는 복수개의 배풀을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 복수개의 배풀은 와류를 형성하도록 상방으로 기울여져 있는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 28

제24항에 있어서,

상기 혼탁액을 상기 채널에 대한 유입구로 펌핑하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 29

제24항에 있어서,

시간 당 약 10 갤런의 유속으로 상기 채널을 통해 상기 혼탁액을 통과시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 30

제25항에 있어서,

상기 가스는 주위 공기인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 31

제24항에 있어서,

상기 혼탁액을 태양광에 노출시키는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 32

제24항에 있어서,

상기 혼탁액을 상기 배양 탱크로 회송하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 33

제24항에 있어서,

각각의 채널을 투과하는 광 수준을 모니터링하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 34

제24항에 있어서,

CO_2 함유 가스를 상기 하나 이상의 생물 반응기로 도입하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 35

제26항에 있어서,

광 수준이 약 250 피트족광 미만에 도달할 때까지 상기 채널을 통한 상기 혼탁액의 흐름을 계속하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 36

제35항에 있어서,

광 수준이 약 250 피트족광에 도달한 후 상기 조류를 여과에 의해 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 37

제24항에 있어서,

상기 혼탁액의 세포 밀도를 측정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 38

제24항에 있어서,

하나 이상의 반투명 생물 반응기 내에 형성된 채널을 통해 상기 혼탁액을 흐르게 하는 단계는 약 5cm/s 내지 약 15cm/s 범위의 유속으로 상기 혼탁액을 흐르게 하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 39

제24항에 있어서,

하나 이상의 반투명 생물 반응기 내에 형성된 채널을 통해 상기 혼탁액을 흐르게 하는 단계는 무균 조건 하에서 상기 채널을 통해 상기 혼탁액을 흐르게 하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 널리 CO₂ 격리 분야에 대한 것이고, 보다 상세히는 조류(algae)를 사용한 CO₂ 격리 장치 및 방법에 대한 것이다.

배경 기술

<2> 증가하고 있는 지구의 이산화탄소(CO₂) 수준은 오랜동안 전세계적인 관심사가 되어 왔다. 부과로 측정하였을 때, 산업 혁명 초기에는 백만부의 공기마다 대략 280부의 CO₂가 존재하였으나, 오늘날에는 30%가 증가된 360ppm (part per million)이 존재한다. 년간 증가량은 2ppm으로, 계속 상승하고 있다. 현재의 경향이 지속된다면, 21 세기 후반에 대기 중 CO₂의 농도는 약 700ppm까지 2배가 된다. 현재, 많은 과학자들은 과거 50년에 걸쳐 관찰된 지구 온난화의 대부분이 인간 활동으로부터의 이러한 이산화탄소 증가 때문일 수 있다고 믿고 있다.

<3> 주지된 바와 같이, 녹색 식물은 광합성을 통해 CO₂를 흡수한다. 광합성은 태양광의 재생 가능한 에너지를 인간과 동물이 사용할 수 있는 에너지로 전환한다. 엽록소의 존재 하에, 식물은 태양광을 사용하여 CO₂와 물을, 직접 또는 간접적으로 거의 모든 동물 및 인간의 음식에 대한 필요를 충족시켜주는, 탄수화물로 전환시킨다; 이 과정에서 산소와 약간의 물이 부산물로서 방출된다. 광합성 속도에 영향을 미치는 주요 인자는 유리한 온도, 광 강도 수준 및 이산화탄소의 가용성이다. 대부분의 녹색 식물은 현재의 대기 수준보다 훨씬 높은 이산화탄소의 농도에 대해 꽤 유리하게 반응한다.

<4> 식물과 같은 생물학적 시스템 내로 이산화탄소의 흡수를 증가시키기 위한 다수의 방법이 존재하는 반면, 비용 효과적인 방법으로 이를 달성하는 것은 어렵다는 것이 입증되어 왔다. 다양한 종류의 조류는 가장 빠른 CO₂ 흡수를 제공한다. 해양 기반의 농축 프로그램은 침습적이며 문제를 해결하는 것보다 더 많은 문제를 초래할 수 있다. 특히, 이들은 잡초 형태의 조류를 성장케 하는 경향이 있으며, 전체 생태계를 손상시키거나 파괴할 수 있다. 추가로, 이러한 수단에 의해 생산된 조류를 수확할 방법이 없다.

<5> 육지 기반의 조류 시스템은 CO₂를 포함함에 있어 매우 효율적이지만 가용한 토지 공간 및 비용에 의해 제한된다. 개방형 수동 또는 배치 시스템의 경우, 년간 헥타르(hectare) 당 조류로부터 대략 150 미터톤의 건조 생물량(dry biomass)을 제공할 수 있을 뿐이다. 이러한 수치를 사용하면, 날씨와 물의 가용성을 고려하지 않더라도, 1000 메가와트 가스 터빈 발전소로부터의 출력을 잡기 위해서는 200 헥타르가 넘는 개방 토지가 필요하다. 대량의 조류의 생산에 관하여 중요한 것은 광의 존재이다. 조류는 광을 사용하여 CO₂를 당으로, 전환, 즉 광합성한다. 불행히도, 광은 조류의 활성 배지를 통해 단지 수 센티미터를 통과할 뿐이다. 조류 생물이 증식하여 배지 밀도가 증가함에 따라, 광 투과도가 감소한다. 일부의 연구는 광섬유의 사용을 활용하고 있으나, 이는 터무니없이 비싸고 비효율적이다.

<6> 따라서, 비용 효율적인 방식으로 충분한 양의 광에 조류를 노출시키는, 조류를 사용한 CO₂ 격리 장치 및 방법에 대한 요구가 존재한다.

발명의 상세한 설명

<7> 개요

<8> 조류를 사용하여 가스로부터 CO₂를 격리 및 제거하기 위한 장치와 방법이 본 명세서에서 기술된다. 개시된 장치와 방법은, 조류를 CO₂와 반응시킬 수 있는 배플형 채널(baffled channel)를 각각 구비한, 하나 이상의 생물 반응기를 사용하는, CO₂ 격리를 위한 연속 공정을 제공한다. 각각의 생물 반응기는 저가일 뿐만 아니라 쉽게 제조되는, 채널을 형성하는 투명 또는 반투명의 폴리머 재료로부터 형성된다. 또한, 상기 투명 또는 반투명 폴리머 재료를 통한 채널은 광 노출을 위한 큰 표면적을 제공하여, 광에 대한 조류의 보다 많은 노출뿐만 아니라 채널 형상에서의 유연성을 허용한다.

<9> 한 구현예에서, CO₂를 격리하기 위한 장치는 물과 1종 이상의 조류의 혼탁액 함유하는 배양 탱크를 포함한다. 배양 탱크는 CO₂ 함유 가스를 혼탁액으로 도입하기 위한 복수개의 가스 분사부(gas jet)를 포함한다. 또한, 상기 장치는, 각각 그를 통한 혼탁액의 흐름을 위해 채널을 형성하는 하나 이상의 생물 반응기를 포함하는 바, 여기서 각각의 생물 반응기는 복수개의 배플(baffle)과 유입구를 포함한다. 각각의 유입구는 바람직하게는 각각의 생물 반응기의 최상부에 위치하며, 배양 탱크와 유체 연통하고 있다. 나아가, 상기 장치는 하나 이상의 생물 반

응기의 최상부에서 유입구로 혼탁액을 펌핑(pumping)하기 위한 펌프를 포함한다.

<10> 다른 구현예에서, CO₂ 격리 방법은, 물과 1종 이상의 조류의 혼탁액으로 채워진 배양 탱크로 CO₂ 함유 가스를, 상기 CO₂가 상기 혼탁액에 용해되도록, 도입하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 중력 흐름에 의해 복수개의 수직으로 매달려 있는 생물 반응기를 통해 배양 탱크로부터 혼탁액을 흐르게 하는 단계를 더 포함하며, 상기 복수개의 생물 반응기는 각각 복수개의 수평 배플을 가진 배양 채널을 구비한다. 나아가, 상기 방법은 생물 반응기를 광에 노출시키는 단계를 포함한다. 또한, 상기 방법은 CO₂를 광합성에 의해 하나 이상의 유기 화합물로 전환하는 단계를 포함한다.

<11> 상기 개시된 방법과 장치의 많은 장점들 중 하나는, 배치 공정이기 보다는, 동적 공정 혹은 연속 공정의 통합이다. 연속 공정은 일정하게 이동하는 조류 스트림에 대한 광의 최대 노출을 허용한다. 따라서, 배치 시스템과 비교하였을 때, 각각의 조류 생물을, 이들이 단한 시스템을 통해 연속적으로 흐르게 됨에 따라, 궁극적으로는 광에 노출된다.

<12> 전술한 내용은, 후속하는 본 발명의 상세한 설명이 보다 잘 이해될 수 있도록, 본 발명의 특징과 기술적 장점을 다소 광범위하게 약술한 것이다. 본 발명의 청구범위의 대상을 형성하는 본 발명의 추가의 특징과 장점들을 이하 기술한다. 당해 기술분야의 통상의 기술자는, 개시된 개념 및 특정 구현예들이 본 발명과 동일한 목적을 수행하기 위한 다른 구조로의 개질 또는 고안을 위한 기초로서 쉽게 사용될 수 있음을 이해할 것이다. 또한, 당해 기술 분야의 통상의 기술자는 이러한 균등 구조가 첨부된 청구범위에 기술한 바의 본 발명의 사상과 범위로부터 벗어나지 않는다는 것을 인식할 것이다.

표시 및 명명

<14> 하기 설명 및 청구범위 전체에 걸쳐 특정 용어들이 특정한 시스템 성분을 지칭하기 위해 사용된다. 본 문헌은 명칭에서는 상이하지만 기능에서는 그렇지 아니한 성분들을 구별하고자 하는 것은 아니다. 하기 논의에서, 그리고 청구범위에서, "포함하는"이라는 용어는 개방형 방식으로 사용된 것이며, 따라서 "포함하지만, 이에 제한되지는 않는..."을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.

실시 예

<27> 도 1은 조류를 사용하여 CO₂를 격리하기 위한 장치의 구현예를 도시하고 있다. 본 구현예에서, 상기 장치는 배양 탱크(101), 펌프(122) 및 하나 이상의 생물 반응기(131)를 포함한다. 배양 탱크(101), 펌프(122) 및 생물 반응기(131)는 모두 서로 유체 연통하고 있으며, 복수개의 도관 또는 라인을 경유하여 모두 상호 연결되어 있다.

<28> 배양 탱크(101)는 조류 및 물의 혼탁액으로 채워져 있다. 전형적으로, 배양 탱크(101)는 장방형 구조를 가진다. 그러나, 배양 탱크(101)는, 조류 배양을 위해 최적인, 통상의 기술자에게 공지되어 있는 임의의 형태, 예를 들어 원통형일 수 있다. 배양 탱크(101)는 폴리머 또는 스테인리스 강과 같이 부식에 대하여 저항성인 물질로 만들어진다. 한 바람직한 구현예에서, 배양 탱크(101)는 플라스틱, 플라스틱 라이너, 처리된 금속 또는 이들의 조합으로 구성된다. 다른 구현예에서, 배양 탱크(101)는 대기에 대하여 닫혀 있어, 장치(100)가 단한 시스템이다. 단한 시스템을 가짐으로써 조류 혼탁액의 오염과 물의 증발이 방지된다. 따라서, 배양 탱크(101)로 들어가는 가스만이 가스 분사부(103)를 통한다. 나아가, 생물 반응기(131)로 들어가는 모든 배양 매질 및 유체는 오염을 추가로 방지하기 위해 바람직하게는 무균 상태이다. 즉, 상기 혼탁액은 무균 조건 하에서 생물 반응기(131)를 통해 흐른다. 여기서 사용된 바의, 무균 조건은 오염성 세균 또는 미생물이 없는 무균 환경을 유지하기에 충분한, 당해 기술 분야의 통상의 기술자에게 알려진 조건을 지칭할 수 있다.

<29> 배양 탱크(101)는 또한 하나 이상의 가스 분사부(103)를 포함한다. 가스 분사부(103)는 CO₂ 함유 가스를 배양 탱크(101)로 도입한다. 가스 분사부(103)는 멜브, 노즐, 또는 가스 방사기(gas diffuser)와 같은 임의의 형태의 적절한 유입구를 포함할 수 있다. 바람직한 구현예에서, 복수개의 가스 분사부(103)는 복수개의 가스 방사기를 포함한다. 가스 방사기는 도입된 가스를 보다 작고, 보다 용해성인 기포로 분해한다. 또 다른 바람직한 구현예에 따르면, 복수개의 가스 분사부(103)는 배양 탱크의 저부에 위치한다.

<30> 임의의 적절한 조류가 상기 탱크(101) 내에서 배양될 수 있다. 바람직한 구현예에서, 조류 종 클로렐라 (*Chlorella*)가 사용된다. 적절한 조류 종의 다른 예는 홍조류, 갈조류, 스피루리나(*Spirulina*) 또는 이들의 조합을 포함하나, 이에 제한되지 않는다. 바람직한 구현예에 따르면, 조류종은 바람직하게는 비-필라멘트상(non-filamentous)이어서 장치를 폐색하지 않는다. 한 구현예에서, 조류종은 약 1 미크론 내지 약 15 미크론 범위의

단세포 조류종이다.

<31> 일반적으로, 물, 즉 수돗물 또는 종류수가 조류를 배양하기 위해 사용된다. 한 구현예에서, 물은 무균 상태이며 어떠한 오염원도 없다. 대안적으로는, 해수종의 조류를 배양하기 위해 해수(saltwater)가 사용될 수 있다. 그러나, 특정의 조류 종에 따라, 당해 기술 분야의 통상의 기술자에게 공지된 임의의 적절한 배양 매질이 사용될 수 있다. 다른 구현예에서, 배양 탱크(101)에 몇 마리의 물고기를 둘 수 있다. 물고기는 조류를 소비할 뿐만 아니라 배설물의 형태로 질산염을 생산한다. 물고기 배설물은 조류에게 추가로 영양분을 주기 위해 사용된다. 추가의 구현예에서, 배양 탱크(101)는 조류에 추가의 영양물을 도입 또는 공급하기 위해 하나 이상의 공급 유입구를 포함할 수 있다. 상기 하나 이상의 공급 유입구는 특정 타입의 영양물, 무기물, 매질 등으로 채워진 하나 이상의 공급 탱크와 결합될 수 있다. 한 구현예에서, 상기 하나 이상의 공급 탱크는 배양 탱크에 직렬로 또는 병렬로 배치될 수 있다. 바람직하게는, 공급 유입구와 공급 탱크는 무균 조건 하에 유지된다.

<32> 공급 도관(120)은 배양 탱크(101)로부터 펌프(122)까지 연장된다. 펌프(122)는 혼탁액을 펌핑할 수 있는 임의의 적절한 장치이다. 적절한 장치의 예는, 원심력 펌프, 임펠러 펌프(impeller pump), 또는 회전자 펌프를 포함하나 이에 제한되지는 않는다. 한 구현예에서, 공급 도관(120)은 공기 유입구 밸브(124)를 추가로 포함하여, 더 많은 CO₂ 함유 가스가 조류 혼탁액을 포화시킬 수 있도록 한다. 공기 유입구 밸브(124)는, 공급 도관(120)으로 가스는 들어가도록 허용하되 어떠한 조류 혼탁액도 탈출하는 것을 허용하지 않는다. 따라서, 조류 혼탁액은 일정하게 이산화탄소를 공급받는다. 공급 도관(120)은 펌프(122)로부터 유입구 다기관(inlet manifold: 151)까지 더 연장된다. 유입구 다기관(151)은 CO₂가 풍부한 조류 혼탁액을 각각의 생물 반응기(131)의 유입구(132)로 분배한다. 각각의 생물 반응기(131)의 유입구(132)는 바람직하게는 각 생물 반응기(131)의 최상부에 위치하여 조류 혼탁액이 도 2에 나타낸 바와 같이 생물 반응기를 통해 하방으로 흐른다.

<33> 생물 반응기(131)는 일반적으로 임의의 투명 또는 반투명 폴리머 재료로 구성된다. 다시 말하면, 광에 대해 투과성인 폴리머 재료이다. 나아가, 폴리머 재료는 바람직하게는 가요성 재료이다. 가요성 재료이기 때문에, 생물 반응기는 상이한 유속을 보상할 수 있을 뿐만 아니라 취급이 더 쉬워진다. 몇몇 경우, 폴리머 재료는 심지어 탄성 성질을 가질 수 있다. 적절한 재료의 예는 폴리프로필렌, 폴리스티렌, 폴리프로필렌-폴리에틸렌 코폴리머, 폴리우레тан 또는 이들의 조합을 포함하나 이에 제한되는 것은 아니다. 바람직한 구현예에서, 생물 반응기(131)는 폴리에틸렌으로 만들어진다. 고밀도 폴리에틸렌 또는 저밀도 폴리에틸렌을 포함한, 임의의 타입의 폴리에틸렌을 사용할 수 있다. 나아가, 광에 대한 반복적이고 연장된 노출을 견디도록 상기 폴리머 재료는 UV 처리된다.

<34> 폴리머 재료의 두께는 약 3mm 내지 약 10mm, 보다 바람직하게는 약 4mm 내지 약 6mm의 범위이다. 폴리머 재료는 바람직하게는 적어도 50 갤런의 물의 하중을 지탱할 수 있는 인장 강도를 가진다.

<35> 폴리머 재료는 전형적으로 관의 형태로 생산되며, 열-밀봉 가능(heat-sealable)하다. 관형 폴리머 재료를 접고, 관형 폴리머 재료의 상부 및 하부 단부를 닫고 이하 상세히 기술되는 내부 흐름 채널(133)을 형성하도록 열 밀봉되는, 인접면을 형성한다. 생물 반응기(131)는, 생물 반응기(131)의 측면을 밀봉하도록 열 밀봉되는 2개의 평면 시트의 폴리머 재료로부터도 제조될 수 있다.

<36> 바람직한 구현예에 따르면, 생물 반응기(131)는 형태에 있어 실질적으로 평면이다. 예시적 구현예에서, 각각의 생물 반응기는 높이가 약 10 ft이고 폭이 약 2ft, 대안적으로 높이가 약 10ft이고 폭이 약 4ft, 대안적으로 높이가 약 10ft이고 폭이 약 10ft이다. 그러나, 다른 구현예에서, 각각의 생물 반응기는 폭이 약 4 피트 내지 약 30 피트이고 높이가 약 5 피트 내지 20 피트의 범위일 수 있다. 나아가, 각 생물 반응기의 높이:폭 비율은 임의의 비율일 수 있다. 구현예들에서, 각각의 생물 반응기의 높이:폭 비율은 약 10:1 내지 약 1:1의 범위일 수 있다. 또한, 각각의 생물 반응기(131)는 순환하는 조류에 대한 광 노출을 극대화하기 위해 상이한 높이 및 폭을 가질 수 있다.

<37> 흐름 채널(133)은 복수개의 배플 또는 격막(135)에 의해 형성된다. 배플(135)은 각각의 흐름 채널(133)에서 조류의 체류 시간을 최대화하는 역할을 한다. 조류의 체류 시간이 길어질수록 생물 반응기(131) 내에서 조류가 더 오랫동안 광에 노출된다. 구현예들에서, 생물 반응기(131)내의 조류의 체류 시간은 약 1 분 내지 약 60분, 대안적으로는 약 5분 내지 약 45분, 대안적으로는 약 10분 내지 약 15분의 범위일 수 있다. 구현예에서, 배플(135)은 재료의 인접면을 따라 특정 위치에서 폴리머 재료를 열-밀봉함에 의해 생성될 수 있다.

<38> 배플(135)은 각각의 생물 반응기(131) 내에서 흐름 채널(133)을 한정한다. 도 2는 생물 반응기(131)의 전형적 구현예에서 채널(133)의 단면을 나타낸다. 도 2에서, h는 각 채널(133)의 높이[각 배플(135) 간의 공간]를 지칭하고, w는 각 채널(133)의 최대 폭을 지칭한다. 바람직하게는, h는 3인치 이하이다. 추가로, 대부분의 구현예에

서, h 는 바람직하게는 약 2인치 이하이다. 각 채널의 폭 w 는, 각 채널(133)을 통해 흐르는 조류가 생존하기에 충분한 빛을 수용하도록 설정된다. 생물 반응기를 통해 흐르는 혼탁액의 하중은 폴리머 재료를 연신시켜, 폭 w 가 최소로 유지되도록 하여 폴리머 재료를 통과하는 빛으로 하여금 채널(133)을 통해 흐르는 혼탁액 내의 조류 모두에 도달할 수 있도록 한다. 이러한 하중은 폭 w 를 증가시키고 빛이 채널(133)의 중앙을 통해 흐르는 조류에 도달하는 것을 막도록 채널(133)이 팽창(ballooning)하는 것을 방지한다.

<39> 특정 구현예에서, 배풀(135)은 대체로 수평인 채널(139) 및 단부 채널(137)을 형성하도록 교호하는 수평 형상으로 배열된다. 각각의 수평 채널(139)은 개방 단부(141) 및 폐쇄 단부(143)을 가진다. 단부 채널(137)은 인접하는 하부 배풀(135)의 폐쇄 말단(143)과 함께 상부 배풀(135)의 개방 단부(141) 둘레에 형성된다. 배풀(135)은 채널(133)의 s자형(serpentine) 배열을 형성한다. 각각의 배풀 단부(141)는, 조류 혼탁액이 생물 반응기(131)를 통해 아래로 흐름에 따라, 조류 혼탁액 내에서 난류(turbulence)를 형성한다. 난류는 이들 단부(141)에서 와류(vortex)를 생성하여, 조류 혼탁액이 보다 잘 섞일 수 있도록 한다. 배양 혼탁액의 체류 시간을 더 증가시키기 위해 추가의 배풀(도 4A)이 상기 수평 배열된 배풀(135)에 대해 수직의 배향으로 구성될 수 있다.

<40> 도 3을 참조하면, 추가의 구현예에서, 배풀(135)은 상방으로 기울어져 도 3에 나타낸 바와 같이 생물 반응기(131) 내에서의 조류의 체류 시간을 증가시킨다. 즉, 각각의 배풀(135)은, 생물 반응기(131)의 최상부를 향해 생물 반응기(131)의 측면(157)과 상방 예각(155)을 형성한다. 각각의 배풀(135)과 생물 반응기(131)의 측면(157)의 교차부에 코너(149) 또는 포켓이 형성된다. 코너(149)는 순환하는 조류 및 배양 매질에서의 와류 형성을 가져온다. 조류가 생물 반응기(131)를 통해 흐르면서, 상기 조류는 이렇게 각각의 코너(149)에서 형성된 와류들 또는 혼합 영역들 내에서 일시적으로 순환하거나 회전하여, 생물 반응기(131) 내에서의 조류의 광에 대한 노출 시간을 증가시킨다. 몇몇 구현예에서, 배풀(135)은 도 4D에 나타낸 바와 같이 하방으로 기울어질 수도 있다. 따라서, 배풀(135)은, 생물 반응기(131)의 측면(157)으로부터 약 30° 내지 약 160°의 범위에서 임의의 적절한 각도로 기울어질 수 있다.

<41> 일반적으로 각각의 배풀(135)은 동일한 각도로 기울어져 있다. 그러나, 다른 구현예에서, 각각의 배풀(135)은 서로 상이한 각도로 기울어져 있을 수 있다. 도 4A 내지 4D는 생물 반응기(131) 내에 포함될 수 있는 배풀(135)의 다양한 배열을 도시하고 있다. 도 4B는 배풀(135)이 모두 상방으로 기울어져 있는 구현예를 나타낸다. 도 4C는 배풀(135)이 교호적으로 상방 및 하방으로 기울어진 평행 배열로 구성되어 있는 구현예를 나타낸다. 도 4D는 배풀(135)이 모두 하방으로 기울어진 구현예를 도시하고 있다. 배풀(135)의 배열은 이들 구현예에 한정되는 것은 아니며 조류에 의한 CO₂의 격리를 증가시키기 위해 무수히 많은 형상을 포함할 수 있음을 이해하여야 한다. 복수개의 생물 반응기(131)을 구비한 구현예들에서, 각각의 생물 반응기는, 조류의 체류 시간을 최적화하기 위해 상이한 배풀 배열 또는 형상을 포함할 수 있다.

<42> 바람직한 구현예에 따르면, 복수개의 투명한 생물 반응기(131)는 수직으로 매달려 있거나 걸려 있다. 생물 반응기(131)는 임의의 적절한 형상으로 걸려 있을 수 있다. 그러나, 생물 반응기(131)는 각각의 채널(133)이 최대량의 광에 노출되도록 걸려 있는 것이 바람직하다. 도 5A 내지 5C는, 위에서 아래로 보았을 때, 생물 반응기(131)가 걸려 있거나 매달려 있을 수 있는 상이한 변형예의 모식적 상면도를 묘사한 것이다. 도 5A는 생물 반응기가 장방형 매트릭스 편성으로 구성된 전형적인 구현예를 도시한 것이다. 예를 들어, 도 5A에서, 매트릭스는 2개의 생물 반응기의 폭과 6개의 생물 반응기 채널 깊이를 가진다. 도 5B는, 매트릭스가 6개의 생물 반응기 폭과 2개의 생물 반응기 깊이를 가진 또 다른 구현예를 도시한 것이다. 생물 반응기가 매트릭스 편성으로 배열된 구현예에서, 생물 반응기(131)는 바람직하게는 6인치 이하로 이격되어 있다. 도 5C는 생물 반응기가 다각형 형태로 배열된 다른 구현예를 도시한 것이다. 따라서, 생물 반응기는, 배양 매질의 광에 대한 노출을 최대화하도록 배열함에 있어 거의 무제한적인 가능성을 제공한다.

<43> 특정 구현예에서, 생물 반응기(131)는 상이한 높이로 걸려 있다. 생물 반응기를 상이한 높이로 걸어 둠으로써 각각의 생물 반응기(131)를 통한 조류 혼탁액의 유속을 변화시킨다. 각각의 생물 반응기(131)의 유속을 달리하는 것은 각각의 생물 반응기(131)에 대한 광의 분배를 향상시키는 것으로 생각된다.

<44> 도 1을 참조하면, 배출구 다기관(153)은 각각의 생물 반응기(131)의 배출구(134)로부터 흐름을 유도한다. 전형적으로, 배출구(134)는 각각의 생물 반응기의 저부에 위치하고 배출구 다기관(153)으로 이어진다. 배출구 다기관(153)은 상기 흐름을 배출구 도관(139)으로 분배한다. 배출구 도관(139)은 조류 혼탁액을 배양 탱크(101)로 다시 재순환시킨다. 대안적으로, 각각의 생물 반응기(131)는 각각의 배출구(134)와 결합된 개별적인 배출구 도관을 구비한다. 이어서, 각각의 배출구 도관은 배양 탱크로 직접 배출한다. 다른 구현예에 따르면, 개개의 생물 반응기(131)는 도 2에 나타낸 바와 같이 가스 유입구(163)를 포함한다. 가스 유입구(163)는 전형적으로 각각의

생물 반응기(131)의 저부 또는 하부에 배치되어 있다. 그러나, 가스 유입구(163)는 생물 반응기(131)의 임의의 부분에 배치될 수 있다. 한 구현예에서, 가스 유입구(163)는 가스 공급 라인(107)과 결합될 수 있다. 나아가, 가스 유입구(163)는 생물 반응기(131)로의 가스의 흐름을 조정하기 위한 밸브를 포함할 수 있다. 가스 유입구(163)의 기능은 이하에서 더 상세히 설명한다. 추가의 구현예에서, 배출구 다기관(153)은 생물 반응기 내에 존재하는 과량의 산소를 퍼징(purge)하기 위해 하나 이상의 통풍구(vent)를 가질 수 있다. 상기 하나 이상의 통풍구는 하나 이상의 퍼징 밸브(purge valve)를 포함할 수 있다. 나아가, 상기 하나 이상의 통풍구는 생물 반응기(131) 내의 무균 조건을 유지하도록 하는 방식으로 과량의 산소를 배출할 수 있다.

<45> 도 6을 참조하면, 추가의 구현예에서, 생물 반응기(131)는, 생물 반응기(131)의 내부에 달라붙어 있는 임의의 조류를 생물 반응기로부터 이탈시키고 생물 반응기(131)를 통해 흐르게 하도록 2개 이상의 세정 부재(148)를 포함한다. 몇몇 구현예에서, 세정 부재(148)는 생물 반응기(131)의 양쪽 면에(on either face) 수평하게 이동 가능하도록 배치된 기다란 막대 또는 롤러이다. 다시 말해, 생물 반응기(131)가 세정 부재들 사이에 배치된다. 한 구현예에서, 세정 부재(148)는 생물 반응기(131)의 양쪽 측면 상에 배치된 수직 트랙(146)과 결합된다. 세정 부재(148)는, 생물 반응기(131)의 내측 표면에 부착되어 있는 모든 조류를 해방시키도록, 각 부재(148) 사이에 생물 반응기(131)를 밀어 넣고 생물 반응기(131)의 높이의 위쪽 또는 아래쪽으로 수직으로 이동할 수 있다. 나아가, 세정 부재(148)는 이동 가능한 스크류 암(screw arm)에 의해 수직 트랙(146)에 결합될 수 있어 세정 부재(148)는 각각의 생물 반응기(131)를 밀어 넣거나 해방하도록 위아래로 움직인다. 세정 부재(148)는 컴퓨터 제어에 의해 혹은 수동으로 조작될 수 있다.

<46> 추가의 구현예에서, 인공 광원이 제공된다. 광원은 바람직하게는 자연 태양광이지만, 하나 이상의 인공 광원도 사용될 수 있다. 적절한 인공 광원의 예는 형광 램프, 할로겐 램프 등이다. 특정 구현예에서, 금속 할로겐광과 나트륨 증기 광의 조합이 이용된다. 인공 광원은 하나 이상의 생물 반응기(131) 주변에 배열될 수 있어 각 생물 반응기(131) 내에서 조류에 그만큼의 광을 제공한다.

<47> 도 1을 다시 참조하면, 추가의 구현예에서, 상기 장치는 조류 수확기(171)를 포함한다. 탱크 배출구 도관(163)은 배양 탱크(101)로부터 조류 수확기(171)로 이어진다. 일반적으로, 조류 수확기(171)는 조류 혼탁액으로부터 조류를 걸러내기 위해 필터를 포함한다. 조류 수확기(171)는 또한 조류로부터 수분을 제거하는 가열 기구를 지나가는 컨베이어를 포함한다. 상기 컨베이어는 건조된 조류를 걸러낼 수 있는 집합기로 이어진다.

<48> 추가의 구현예에서, 상기 장치는 수 재생 장치(water reclamation device) 또는 수 재생 처리기(173)를 포함한다. 수증기는 배양 탱크(101)로부터 수 재생 처리기(173)로 수 재생처리 도관(161)을 경유하여 펌핑된다. 특정 구현예에서, 수 재생 처리기(173)는 수증기를 응축하는 응축기(condenser)를 포함한다. 나아가, 수 재생 처리기(173)는 재생 처리된 물을 배양 탱크(101)로 다시 보내기 전에 물을 정화하기 위한 여과 시스템을 포함한다. 대안적으로, 수 재생 처리기(173)는 물을 정화하기 위해 사용되는, 당해 기술 분야의 통상의 기술자에게 공지된 임의의 장치를 포함할 수 있다.

<49> 또 다른 구현예에서, 하나 이상의 생물 반응기(131)는 보호 외피(181)에 의해 완전히 덮어진다. 외피(181)의 기능은 생물 반응기(131)들의 수명을 연장하고 비, 바람과 같은 환경적 요소들로부터 이들을 보호하는 것이다. 한 구현예에서, 보호 외피(181)는 퀸셋 타입(Quonset-type) 외피이다. 퀸셋 외피는 바람직하게는 광 투과성인 내후성 재료로 만들어져 있다. 적절한 재료의 예는 폴리에틸렌, 폴리카아보네이트, 폴리비닐클로라이드, 폴리프로필렌 또는 유리를 포함하나 이에 제한되는 것은 아니다. 추가의 구현예에서, 보호 외피(181)는 온실 타입의 봉입물(enclosure)이다. 이러한 구현예에서, 온실 타입의 봉입물 내에서 생산된 열은 보조적 인공 광원에 동력을 공급하기 위한 전력으로 전환될 수 있다.

<50> 추가의 구현예에서, 유입구 도관(120) 또는 배출구 도관(139)과 같은 다양한 라인은 배양 매질과 조류를 냉각하기 위해 지하 깊숙이 지날 수 있다. 이론에 의해 제한되는 것은 아니나, 지면은 라인 내에서 가온된 유체로부터 열을 흡수하기 위한 천연의 히트 싱크(heat sink) 또는 열 교환기로서의 역할을 할 수 있다. 심지어 뜨거운 하철기 동안에도, 지면은 장치(100)를 통해 흐르는 배양 매질과 조류를 냉각하기에 충분할 정도로 차가운 상태로 유지될 수 있다.

<51> 한 구현예에서, CO₂ 격리를 위한 방법은 가스 분사부(103)를 통해 조류와 물의 혼탁액을 함유하는 배양 탱크로 CO₂ 함유 가스를 밀어 넣는 단계를 포함한다. 가스 분사부(103)는 조류 혼탁액으로 가스를 버블링(bubbling) 시킨다. 한 구현예에서, 가스 분사부(103)는 가스 공급 라인(107)로부터 가스를 공급받는다. 바람직하게는, 주위 공기를 배양 탱크(101)로 버블링시킨다. 이어서, 가스 내의 CO₂가 조류 혼탁액에 용해된다. 일반적으로 공급 도

관(120)으로 들어오는 조류 혼탁액은 소정의 CO₂ 농도를 가진다. 한 구현예에서, CO₂ 수준은 약 5,000ppm 이하, 대안적으로는 약 2,500 ppm 이하, 대안적으로는 약 1,000 ppm 이하이다. 특정 수준 초과의 CO₂ 농도는 조류 혼탁액을 산성으로 만들어, 조류의 성장을 방해한다. CO₂가 풍부한 조류 혼탁액을 배양 탱크(101)로부터 공급 도관(120)을 통해 유입구 다기관(151)로 펌핑한다.

<52> 한 구현예에서, 배양 탱크(101)는 지하에 위치한다. 따라서, 펌프(122)는 조류 혼탁액을 지하의 배양 탱크(101)로부터 생물 반응기(131)의 최상부로 공급 도관(120)을 통해 펌핑한다. 다른 구현예에서는, 배양 탱크(101)가 생물 반응기(131)의 최상부와 같은 높이로 올려져 있다. 이러한 구현예에서, 조류 혼탁액은 배양 탱크로부터 유입구 다기관(151)으로 중력에 의해 흐른다. 펌프(122)는 대신 배출 라인(139)으로부터 배양 탱크(101)로 조류 혼탁액을 펌핑하기 위해 사용된다.

<53> 유입구 다기관(151)은 조류 혼탁액을 각각 수직으로 매달려 있는 생물 반응기(131)의 최상부로 분배한다. 유입구 다기관(151)으로부터, 조류 혼탁액은 생물 반응기(131)의 우회로 채널(133)을 통해 또한 중력 흐름을 경유하여 아래로 흐른다. 혼탁액이 생물 반응기(131)를 통해 아래로 흐름에 따라, 혼합물 내에 조류는 광, 바람직하게는 자연 태양광에 노출된다. 조류는 혼탁액 내에 용존하는 CO₂를 흡수 또는 격리하여 광합성 과정을 통해 이를 당 또는 탄수화물로 전환시킨다. 광합성에서는, 광자가 생물체 내의 엽록체에 충돌한다. 엽록체는, 화합물, 엽록소를 포함한다. 엽록소와 CO₂의 존재 하에 화학 반응이 일어나서, 탄수화물, 당 및 산소를 형성한다. 따라서, 광합성의 자연 과정을 통해, 조류는 CO₂를 격리하여 이를 다른 유용한 탄소 화합물로 전환한다. 생산된 화합물은 조류를 위한 영양물 공급원으로서 조류의 추가적인 성장과 생산을 가능케 한다. 광이 사용 가능하지 않은 경우, 조류는 세포 호흡을 거치며 당을 추가의 조류 생산을 위한 에너지로 전환한다. 한 구현예에서, 년간 토지 �ект아로 당 약 1,000 내지 약 1,200 톤의 CO₂가 격리될 수 있다.

<54> 조류 혼탁액의 흐름 속도는 다른 인자들 중에서 생물 반응기(131)의 높이에 의존한다. 일반적으로, 각 생물 반응기를 통해 흐르는 혼탁액의 유속은 약 1 갤런/시간 내지 약 100 갤런/시간, 바람직하게는 약 5 갤런/시간 내지 약 75갤런/시간, 보다 바람직하게는 약 10 갤런/시간 내지 약 50 갤런/시간이다. 대안적으로, 생물 반응기를 통한 조류 혼탁액의 유속은 약 1cm/s 내지 약 50cm/s, 바람직하게는 약 3cm/s 내지 약 25cm/s, 보다 바람직하게는 약 5cm/s 내지 약 15cm/s의 범위일 수 있다.

<55> 한 구현예에서, 조류 혼탁액은, 각 생물 반응기로부터 단일의 배출구 도관(139)으로 산출물을 결합시키는 배출구 다기관(153)을 통해 생물 반응기(131)를 탈출하며, 농축된 조류를 배양 탱크(101)로 재-퇴적시킨다. 다른 구현예에서는, 각 생물 반응기(131)는 배양 탱크(101)로 직접 흐르는 배출구 도관을 구비한다. 대안적으로, 각 생물 반응기(131)는 조류를 또 다른 생물 반응기(131)의 유입구로 유도하는 배출구 도관을 구비한다. 따라서, 하나보다 많은 생물 반응기(131)를 포함한 구현예들에서는, 광에 대한 조류의 노출을 최대화하기 위해, 조류는 각 생물 반응기(131)를 통해 1회 이상 순환 또는 회전한다. 궁극적으로, 상기 하나 이상의 생물 반응기(131)로부터의 조류는 결국 배양 탱크(101)로 회송되고 나서 연속적으로 하나 이상의 생물 반응기(131)를 통해 다시 재순환된다. 따라서, 연속 공정의 장점은, 일부의 조류가 한 주기에서 충분한 광을 받지 못하였다고 하더라도, 상기 하나 이상의 생물 반응기(131)를 통한 조류의 연속적인 재분배 때문에, 이러한 조류가 결국에는 광에 노출될 기회가 있다는 것이다.

<56> 한 구현예에서, 이산화탄소와 같은 가스가 각각의 생물 반응기(131)내에서 가스 유입구(163)를 통해 도입(즉, 버블링)된다. 상기 가스는 가스 공급부(107)로부터 혹은 주위 공기와 같은 다른 공급원으로부터 도입될 수 있다. 임의의 적절한 가스가 가스 유입구를 통해 생물 반응기(131)로 도입될 수 있다. 생물 반응기(131)로 도입된 가스는 여러 가지의 목적의 역할을 한다. 예를 들어, 생물 반응기(131)를 통한 가스의 버블링 작용은 생물 반응기(131) 내에서 조류와 배양 매질의 추가의 교반 및 혼합을 촉진할 수 있다. 또한, 이론에 의해 제한되는 것은 아니나, 광합성 반응은 CO₂ 농도에 의존하기 때문에 이러한 가스 도입은 조류에 의한 광합성 속도를 유지하기 위한 역할을 할 수 있다. 만일 생물 반응기(131) 내의 CO₂ 농도가 너무 낮게 떨어지면, 조류는 광합성을 중지할 수 있다. 나아가, 가스 유입구를 경유한 생물 반응기(131)로의 CO₂ 함유 가스 도입은 주위 공기로부터의 CO₂ 흡수 또는 격리의 추가의 수단을 제공할 수 있다.

<57> 한 구현예에서, 조류의 성장 또는 농도는 각각의 생물 반응기를 투과하는 광 수준을 측정함으로써 모니터링된다. 예를 들어, 만일 광 수준이 약 250 피트족광(footcandle) 미만이면, 조류 성장은, 광이 생물 반

응기의 최심부 영역까지 투과할 수 없는, 포화점 또는 밀도에 도달한 것일 수 있다. 다른 구현예에서, 조류 성장 또는 농도는 세포 밀도(즉, 배양 용액 mL 당 세포수)를 측정하기 위해 당해 기술분야의 통상의 기술자에게 공지된 방법 또는 장치를 사용하여 측정될 수 있다. 예를 들어, 세포 밀도를 측정하기 위해, (제한되지는 않으나) Coulter Counter[®] 또는 원심 분리와 같은 장치 또는 방법을 사용할 수 있다. 일단 조류 성장이 최대치에 도달한 것이 광 수준으로부터 확인된 경우, 조류 혼탁액을 배양 탱크(101)로부터 수확기 도관(163)을 통해 조류 수확기(171)로 펌핑한다. 또한, 장치(100) 내부의 조건은 임의의 적절한 타입의 모니터링 장치를 사용하여 모니터링될 수 있다. 모니터링될 수 있는 다른 변수는, pH, 온도, 유속 및 압력을 포함하나 이에 제한되는 것은 아니다.

<58> 일반적으로, 조류 수확기(171)는 조류를 제거하고 회수하기 위해 사용되며, 다른 목적으로도 사용될 수 있다. 한 구현예에서, 조류는 조류 혼탁액으로부터 여과된 다음 컨베이어 벨트 상에 퇴적된다. 컨베이어 벨트는 조류를 건조시키기 위해 건조 체임버 또는 히터를 통과한다. 이어서, 건조된 조류는 추후 사용을 위해 수집된다. 몇몇 구현예에서, 건조된 조류는 바이오 디젤용 오일의 생산을 위해 사용된다. 건조된 조류는, 가축류용 영양제 정제, 장작 난로용 연료 및 종이 제품용 성분을 포함하나 이에 제한되지는 않는, 다양한 응용 분야에서 사용될 수 있다. 여과된 물은 재순환 도관(165)을 통해 배양 탱크(101)로 회송된다. 일반적으로, 개시된 방법과 장치는 일정 지역에서 CO₂ 수준을 약 100ppm 내지 1,900ppm 범위의 양으로 감소시킬 수 있다.

<59> 본 발명 및 그 장점을 상세히 기술하였으나, 첨부된 청구범위에 의해 정의되는 바의 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 다양한 변화, 치환 및 변경이 이루어질 수 있음을 이해하여야 한다. 마찬가지로, 청구범위에서 단계의 순서적 기술은 상기 단계가 순서적으로 수행되어야 한다거나 혹은 특정 단계가 다른 단계의 개시 전에 완료되어야 한다는 것을 의도하는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

<15> 본 발명의 바람직한 구현예의 상세한 기술을 위해, 첨부된 도면을 참조하는 바, 이를 도면에서,

<16> 도 1은 조류를 사용하여 CO₂를 격리하기 위한 장치의 모식도를 도시한 것이고;

<17> 도 2는 생물 반응기 배양 채널의 구현예의 일부의 단면 측면도 및 정면도를 도시한 것이고;

<18> 도 3은 생물 반응기 배양 채널의 다른 구현예를 도시한 것이고;

<19> 도 4A는 수직 배풀을 가진 생물 반응기의 입면도를 도시한 것이고;

<20> 도 4B는 상방으로 기울어진 배풀을 구비한 구현예의 입면도를 도시한 것이고;

<21> 도 4C는 상방 및 하방으로 기울어진 배풀을 병렬 배치로 구비한 구현예의 입면도를 도시한 것이고;

<22> 도 4D는 하방으로 기울어진 배풀을 구비한 구현예의 입면도를 도시한 것이고;

<23> 도 5A는 장방형 매트릭스 편성의 하나 이상의 생물 반응기의 배열의 상면도를 도시한 것이고;

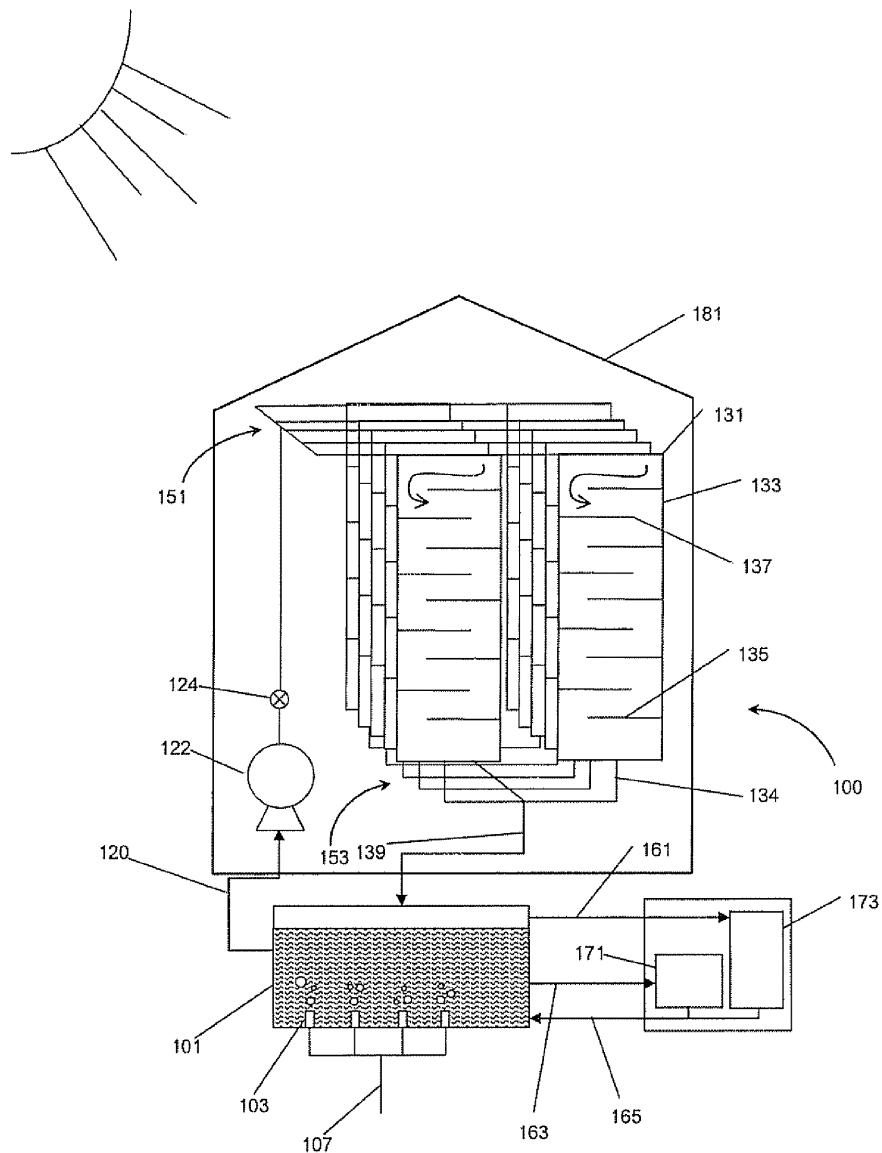
<24> 도 5B는 또 다른 장방형 매트릭스 형상의 하나 이상의 생물 반응기의 배열의 상면도를 도시한 것이고;

<25> 도 5C는 다각형 형상의 하나 이상의 생물 반응기의 배열의 상면도를 도시한 것이고;

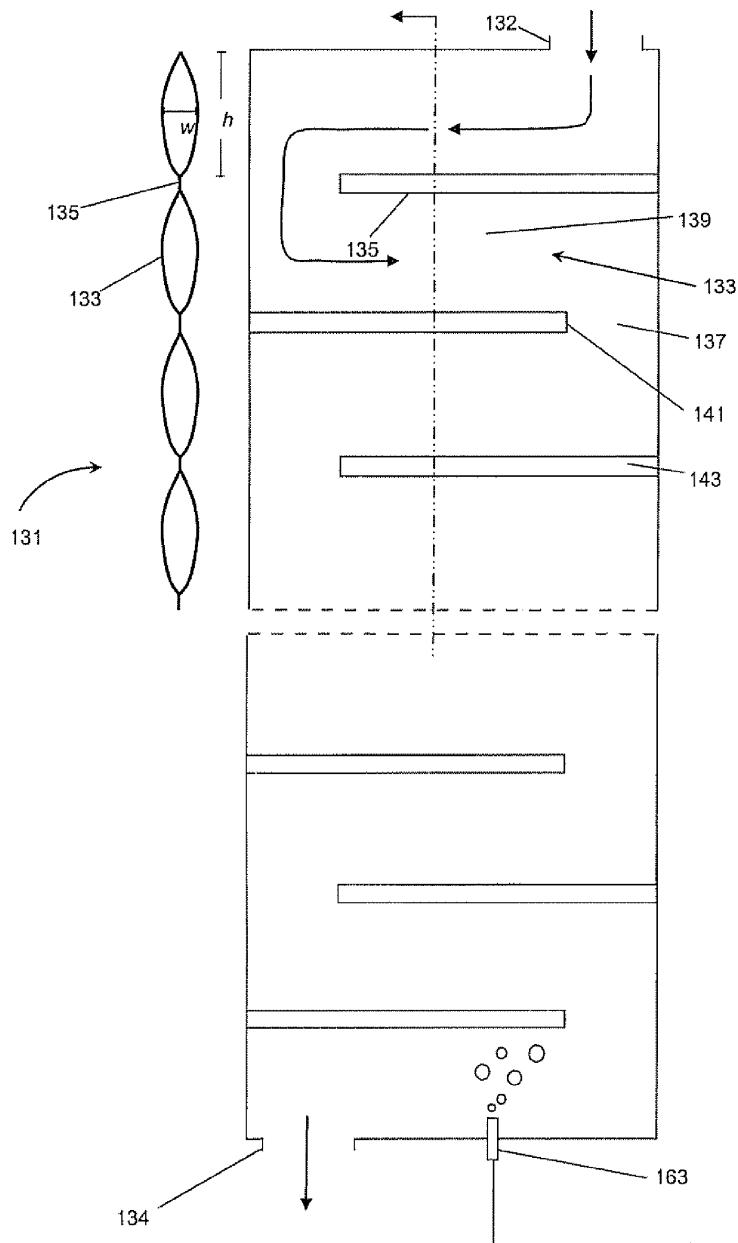
<26> 도 6은 생물 반응기를 위한 세정 장치를 도시한 것이다.

도면

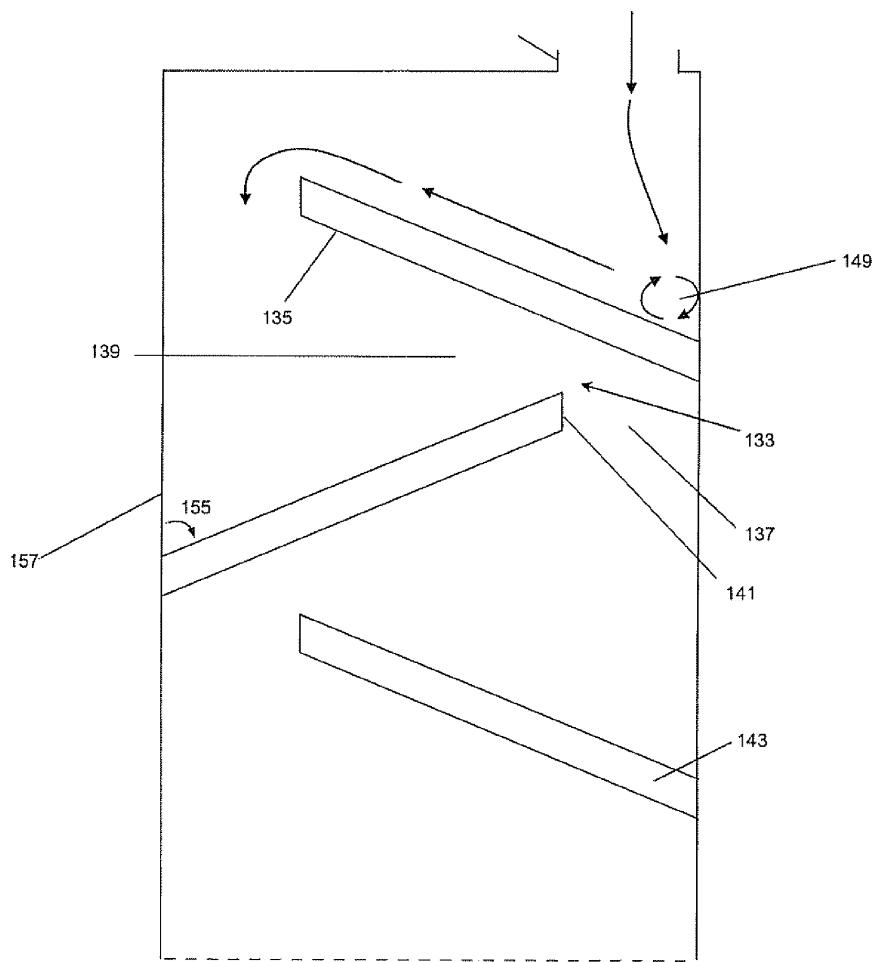
도면1



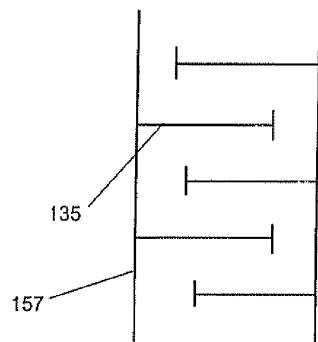
도면2



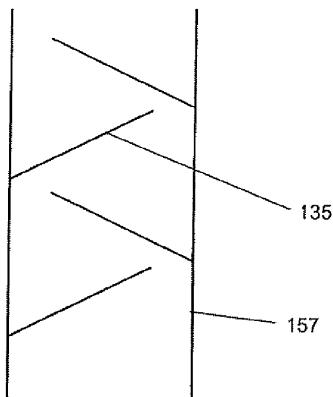
도면3



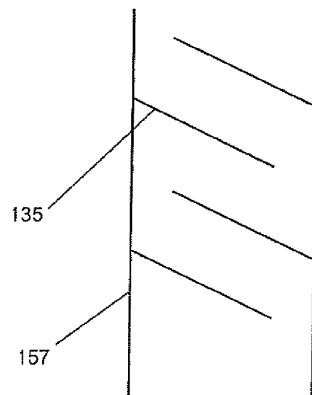
도면4A



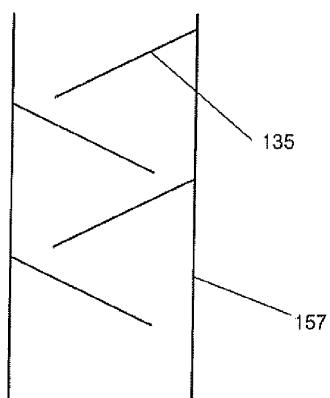
도면4B



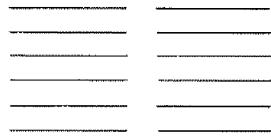
도면4C



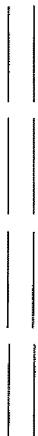
도면4D



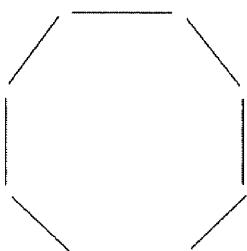
도면5A



도면5B



도면5C



도면6

