



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자	2016년04월15일
(11) 등록번호	10-1612748
(24) 등록일자	2016년04월08일
(73) 특허권자	

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B01D 53/62* (2006.01) *B01D 53/26* (2006.01)  
*B01D 53/34* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2009-7026486
- (22) 출원일자(국제) 2008년05월21일  
 심사청구일자 2013년05월20일
- (85) 번역문제출일자 2009년12월18일
- (65) 공개번호 10-2010-0017867
- (43) 공개일자 2010년02월16일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2008/064311
- (87) 국제공개번호 WO 2008/144708  
 국제공개일자 2008년11월27일
- (30) 우선권주장  
 11/805,271 2007년05월21일 미국(US)  
 (뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문헌  
 US20060051274 A1\*
- \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 4 항

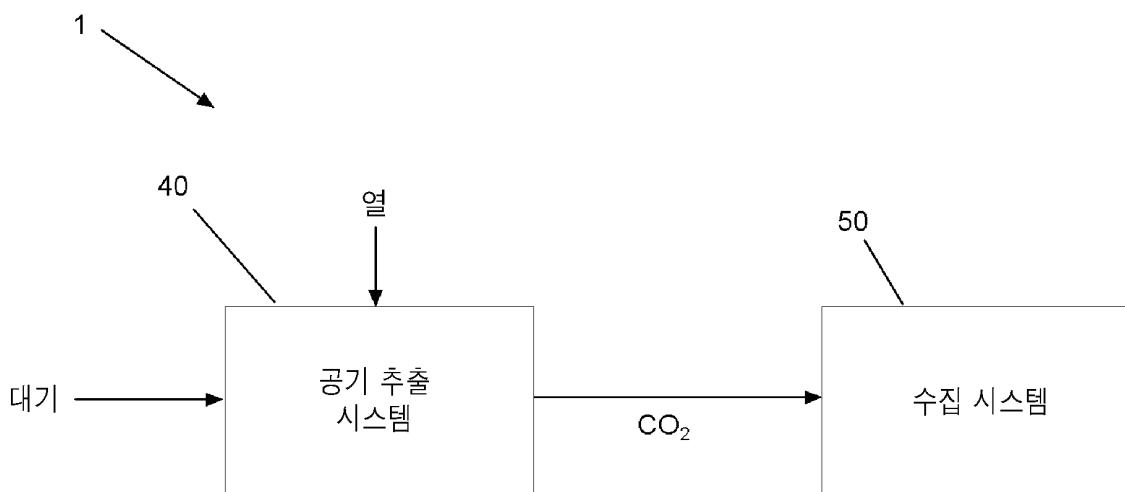
심사관 : 민병우

(54) 발명의 명칭 대기로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 시스템 및 방법과 그것을 이용한 글로벌 써모스탯

**(57) 요 약**

지구 온난화를 감소시키도록 대기로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 시스템은 매체를 통하여 대기로부터 이산화탄소를 수집하고 매체로부터 이산화탄소를 제거하는 공기 추출 시스템; 비료 및 건설 자재와 같은 비-연료 생성물 또는 재생 가능 에너지의 이용 가능성을 증가시킬 수 있고 저장의 적어도 하나의 위치로 제거된 이산화탄소를 격리시키는 격리 시스템; 및, 매체로부터 이산화탄소를 제거하도록 공기 추출 시스템에 공정 열을 공급하고 연속적인 이용을 위해 그것을 재생시킬 수 있는 하나 또는 그 이상의 에너지 소스들을 포함한다.

**대 표 도 - 도1**



(30) 우선권주장

11/805,477 2007년05월22일 미국(US)

11/825,468 2007년07월06일 미국(US)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

인간에 의해 발생된  $CO_2$  가 지구 기후에 미치는 효과를 감소시키도록 이산화탄소를 주위 대기로부터 제거함으로써, 지구 대기에서의 인간에 의해 발생된  $CO_2$  의 충격 감소 방법으로서, 상기 방법은:

지구상의 인간이 거주하는 대륙들 각각에서,  $CO_2$  의 화석 연료 동력원(power source)들에 적어도 인접하게 복수개의  $CO_2$  추출 시스템들을 분포시키는 단계로서, 상기  $CO_2$  추출 시스템들 각각은 다공성, 팬케이크(pancake) 형상의 이산화탄소 포착 구조체를 포함하고, 상기 이산화탄소 포착 구조체는 주위 대기로부터 이산화탄소를 제거하기 위하여 이산화탄소를 흡수제에 결합시킬 수 있는 아민 흡수제(amine sorbent)를 지지하는, 복수개의  $CO_2$  추출 시스템들의 분포 단계;

이산화탄소를 기체 혼합물로부터 제거하기 위하여, 이산화탄소를 흡수제에 결합시킬 수 있는 아민 흡수제를 지지하는 다공성, 팬케이크 형상의 이산화탄소 포착 구조체를 통하여, 이산화탄소가 실린 주위 대기의 유동을 지향시키는 단계;

상기 다공성, 팬케이크 형상의 이산화탄소 포착 구조체를 상기 주위 대기의 유동과의 접촉으로부터 재생 엔크로져(regeneration enclosure)로 움직이는 단계;

120°C 보다 높지 않은 온도의 공정 열(process heat)을 유지하는 증기를 재생 엔크로져내의 이산화탄소 포착 구조체와 접촉시킴으로써 흡수제로부터 이산화탄소를 분리시키는, 흡수제 재생 단계;

분리된 이산화탄소를 재생 엔크로져로부터 회수하는 단계;

이산화탄소 포착 구조체를 재생 엔크로져로부터 이산화탄소가 실린 대기의 공기 유동 경로에 배치된 위치로 선택적으로 움직임으로써, 재생된 흡수제가, 상기 이산화탄소가 실린 대기의 유동으로부터 이산화탄소를 추가적으로 결합할 수 있게 하는 단계; 및,

재생 엔크로져와 이산화탄소가 실린 주위 대기의 유동 사이에서 다공성, 팬케이크 형상의 이산화탄소 포착 구조체의 상기 움직임을 주기적으로 반복하는 단계;를 포함하는, 지구 대기에서의 인간에 의해 발생된  $CO_2$  의 충격 감소 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

아민 흡수제는 상기 다공성, 팬케이크 형상 이산화탄소 포착 구조체의 표면 영역상에 코팅되는, 지구 대기에서의 인간에 의해 발생된  $CO_2$  의 충격 감소 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

포착 구조체는 공기의 유동 방향에서의 얇은 단면 및, 공기의 유동을 향하는 넓은 표면 영역을 가지는, 지구 대기에서의 인간에 의해 발생된  $CO_2$  의 충격 감소 방법.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 분리된 이산화탄소를 재생 엔크로져로부터 회수하는 단계 이후에, 상기 분리된 이산화탄소의 격리(sequestration), 상기 분리된 이산화탄소의 저장, 재생 가능 탄소 연료의 생성(generation), 비료의 생성 및 건설 자재의 생성중 적어도 하나를 위하여, 상기 분리된 이산화탄소를 다른 위치에 있는 수집 시스템에 수집하는 단계를 더 포함하는, 지구 대기에서의 인간에 의해 발생된  $CO_2$  의 충격 감소 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 대기로부터 온실 가스를 제거하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 특히 대기로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

[0002] 본 출원은 다음의 미국 특허 출원의 일부 계속 출원으로서 그 우선권을 주장한다: (a) 미국 특허 출원 No. 11/825,468 (대리인 일람 번호 6236.104US) (2007.7.6)으로서, 이것은 미국 특허 출원 11/805,271 (대리인 일람 번호 6236.102US) (2007.5.21)의 일부 계속 출원인, 미국 특허 출원 11/805,477 (대리인 일람 번호 6236.103US) (2007.5.22)의 일부 계속 출원이다. (b) 미국 특허 출원 No. 11/805,477 (대리인 일람 번호

6236.103US) (2007.5.22)로서, 이것은 미국 특허 출원 11/805,271 (대리인 일람 번호 6236.102US)(2007.5.21)의 일부 계속 출원이다. (c) 미국 특허 출원 No. 11/805,271 (대리인 일람 번호 6236.102US)(2007.5.21). 상기 모든 출원은 "대기로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 시스템 및 방법과 그것을 이용하는 글로벌 씨모스탯"이라는 명칭을 가진다.

## 배경기술

[0003]

현재, 에너지에 관련되고 상호 모순되는 3 가지의 에너지 관련 목표를 달성하려는 시도에 많은 주의가 기울여지고 있다. 그 목표는 1) 경제 발전에 적절한 에너지를 제공하고; 2) 에너지 안전을 달성하고; 3) 지구 온난화에 의해 야기되는 파괴적인 환경 변화를 회피하는 것이다. 기후 변화를 해결하려는 많은 상이한 접근 방식이 고려되고 있는데, 이는 보존에 관한 노력을 증가시키는 것 뿐만 아니라, 바이오 연료, 태양 에너지, 풍력 에너지 및 핵 에너지와 같은 청결하고 오염되지 않은 재생 가능 에너지의 이용을 증가시키는 것과, 화석 연료 플랜트로부터의 이산화탄소 배기를 포착하여 격리시키려는 시도를 포함한다. 이를 접근법들 중 일부, 예를 들면 태양 에너지 전력과 같은 것은, 현재로서는 화석에 기초한 전기에 드는 비용에 비교하여 고가의 비용이 들기 때문에, 대규모 실행이 막혀있으며, 다른 접근법, 예를 들면 핵 에너지는, 환경 및 안전상의 위험성 때문에 제한된다. 사실상, 재생 가능 에너지를 위한 기본 시설 및 공급은 저개발 상태이므로(예를 들면 우리가 쓰는 에너지의 약 0.01 % 만이 태양 에너지에 의해 공급된다) 경제적인 번영을 위해서 에너지가 필요하다면, 그리고 분쟁을 일으킬 수 있는 에너지 부족을 회피하려면, 금세기의 나머지 동안 화석 연료의 이용을 회피하는 타당성 있는 방법이 있어야 한다.

[0004]

지구 온난화에 의해서 야기된 기후 변화 위협 및 지구에 해가 되지 않는 재생 가능 자원을 이용하려는 필요성에 대한 보다 일반적인 인식은 1972년의 첫 번째 지구의 날 아래로 점진적으로 성장하고 있다. 이산화탄소와 같은 소위 온실 가스(메탄 및 수증기가 다른 주요 온실 가스이다) 양의 증가가 혹성의 온도를 증가시킬 것이라는 점은 대부분 논쟁의 여지가 없다. 온실 가스는 혹성으로부터 우주로 빠져나가는 열량을 감소시키는데 도움을 준다. 대기중의 온실 가스 농도가 높아질수록, 혹성은 따뜻해진다. 인간의 영향이 없을 때조차도 이산화탄소 및 다른 온실 가스의 양을 자연스럽게 변화시키는 복잡한 피드백(feedback)이 존재한다. 지질학적 역사를 통해서 기후 변화는 많은 종의 절멸을 일으켰다. 인간에 의해 야기되는 기후 변화(즉, 지구 온난화)에 대한 관심은 교토 의정서를 가져왔는데, 이것은 165 개국이 동의하였으며, 개발국들이 탄소 배출량을 감소시키도록 한 국제 협약이다.

[0005]

기후 변화에 대한 정부간 패널(intergovernment Panel on Climate Change; IPCC)에 의해서 지구 온난화가 위협으로 생각되는 한가지 이유는 혹성이 따뜻해질 때 빙하가 녹고 해양이 팽창하면서 초래되는 해수면 상승 때문이다. 섬이나 또는 해안에서 해수면 바로 위에 사는 수백만의 사람들은 해수면이 단지 1 미터만 상승하더라도 파괴적인 범람에 의하여 위협을 받게 되어 방파제의 재배치 또는 건조를 요구할 것이다. 또한 인간이 야기시킨 기후 변화의 빠른 속도에 적응할 수 없는 종들에게는 생태계를 파괴시킬 기후 변화가 위협이 된다. 추가적인 위협으로서 극단적인 고온의 직접적인 위협뿐만 아니라 전염병의 증가 및 더욱 극한적인 날씨가 포함된다.

[0006]

단순한 모델을 이용하여 지구 온난화를 처리하는 문제를 나타낼 수 있다.  $C_{CA}(Y_N)$ 를 1년당 기가톤(gigatonnes)으로써 대기에  $Y_N$ 년 동안 추가된 이산화탄소를 나타내는 것으로 한다. 마찬가지로,  $C_{EX}(Y_N)$ 를 추출된 양,  $C_{EM}(Y_N)$ 를 인간에 의해 배기된 양, 그리고  $C_N(Y_N)$ 를 탄소 사이클에서의 자연스런 변화에 기인하여 추가되거나 제거된 양으로 한다. 오늘날, 지면은 매년 대략 1.8 기가톤( $10^9$  톤)의 이산화탄소를 저장하고 해양은 대략 10.5 기가톤( $10^9$  톤)을 저장하는데(이산화탄소는 탄소보다 3.66 배 무겁다는 점에 주목), 이에 반해 인간이 배출에 의해 추가하는 양은 약 24 기가톤의 이산화탄소이다. 보다 일반적으로:

[0007]

$$(1) C_{CA}(Y_N) = - C_{EX}(Y_N) + C_{EM}(Y_N) + C_N(Y_N)$$

[0008]

$$(2) C_A(Y_{N+1}) = C_A(Y_N) + C_{CA}(Y_N)$$

[0009]

여기에서  $C_A(Y_N)$ 은  $Y_N$ 에서의 대기중의 탄소량으로서, 오늘날 2780 기가톤의 이산화탄소이다. 지구 온난화에 기여하는 탄소의 다른 형태는, 비록 중량으로 작은 부분을 나타내지만, 메탄이 가장 주목된다.

[0010]

만약  $C_{EX}(Y_N)$  가 제로로 되면, 대기에 이산화탄소를 추가하는 것을 중지시킬 수 있는 유일한 방법은 자연적인 흡수에 대등하게 인간에 의한 배출을 감소시키는 것이다. 그러나,  $C_N(Y_N)$  자체는 크게 변화하며, 훨씬 큰 자연적인

탄소 사이클로부터 대기애 더해지는 정미의 추가(net addition)일 수 있는 것으로서, 자연적인 탄소 사이클은 해마다 약 750 기가톤의 탄소를 증가시키거나 또는 차감시킨다. 이것은 인류가 존재하기 전에 기후 변화를 야기했던 자연 균형에서의 변화로서 미래에도 계속 그려할 것이다. 따라서, 이산화탄소 배출에 대한 인간의 기여를 감소시키는 것만이 기후 변화의 위험성을 제거할 수 있는 해법이라는 점이 명백하다. 대기내 이산화탄소 양을 증가시키거나 또는 감소시키는 능력 및 공기 추출로써, 원칙적으로 메탄과 같은 다른 온실 가스를 보상할 수 있으며, 메탄의 농도를 변화시킬 수 있고 기후 변화를 일으킬 수 있다.

[0011] 따라서, 화석 연료의 연소에 의해 발생되는 대기내 이산화탄소의 양을 감소시키고 화석 연료의 대체품으로서 저렴하고 오염이 없는 재생 가능 에너지 소스를 제공하는 시스템 및 방법에 대한 필요성이 광범위하게 인식된다.

### 발명의 상세한 설명

[0012] 본 발명의 예시적인 구현예에 따라서, 비료 및 건설 자재와 같은 비연료 생성물 또는 재생 가능 에너지의 이용 가능성을 향상시킬 수 있으며 지구 온난화를 감소시킬 수 있도록 대기로부터 이산화탄소를 제거하는 시스템은, 매체를 통해 대기로부터 이산화탄소를 수집하고 매체를 가열하도록 공정 열을 이용함으로써 매체로부터 이산화탄소를 제거하는 공기 추출 시스템, 재생 가능 탄소 연료의 생성, 분리된 이산화탄소의 격리 및 저장중 적어도 하나를 위한 위치로 제거된 이산화탄소를 격리시키는 수집 시스템 및, 매체로부터 이산화탄소를 제거하는 공기 추출 시스템에 공정 열의 공급을 제공하는 하나 또는 그 이상의 에너지 소스들을 포함한다.

[0013] 적어도 하나의 구현예에서, 하나 또는 그 이상의 에너지 소스들은 화석 연료 에너지 소스, 지열 에너지 소스, 핵 에너지 소스, 태양 에너지 소스, 바이오매스 에너지 소스 및 다른 재생 가능 에너지 소스들로 이루어지는 에너지 소스들의 그룹으로부터 선택된다.

[0014] 적어도 하나의 구현예에서, 공기 추출 시스템은 대기로부터 이산화탄소를 흡수하는 매체를 포함하는 공기 접촉기를 포함한다.

[0015] 적어도 하나의 구현예에서, 공기 접촉기는 대류 타워, 흡수 풀, 팩킹된 스크러빙 타워(packe scrubbing tower) 및 개스 분리 시스템으로 이루어지는 공기 접촉기들의 그룹으로부터 선택되며, 일부는 공기로부터 이산화탄소를 추출하는 매체를 가진 팬케이크 형상 부위의 기판들을 가진다. 넓은 의미에서, 본 발명은  $\text{CO}_2$ 를 추출하는 매체와 접촉된 상태로 공기가 통과되는 구조를 고려한다. 현재, 가장 가망성 있는 구현예의 구조는 공기 유동에 직각인 넓은 영역을 가질 것이고, 그것은 공기 유동의 방향에서 매우 얇으며, 매체는 다공성의 기판으로서 그 표면에는  $\text{CO}_2$ 와 결합되는 아민(amine) 또는 대체물이 부착된다--매체도 그것을 하우징하는 접촉기의 구조와 같이 커다란 단면 및 얇은 두께를 가진다.

[0016] 적어도 하나의 구현예에서, 매체는 액체, 다공성 고체, 기체 및 그것의 혼합물로 이루어진 매체들의 그룹으로부터 선택된다.

[0017] 적어도 하나의 구현예에서, 매체는  $\text{NaOH}$  용액이다.

[0018] 적어도 하나의 구현예에서, 매체는 아민을 포함한다.

[0019] 적어도 하나의 구현예에서, 공기 추출 시스템은 이산화탄소를 수집하고 격리 시스템은 제거된 이산화탄소를 격리시킨다.

[0020] 적어도 하나의 구현예에서, 위치는 지하이다.

[0021] 적어도 하나의 구현예에서, 위치는 시스템의 하나 또는 그 이상의 다른 구성 요소들로부터 바람이 불어오는 쪽의 원격 장소에 있다.

[0022] 본 발명의 예시적인 구현예에 따라서 재생 가능 에너지의 이용 가능성을 향상시키고 지구 온난화를 감소시키도록 대기로부터 이산화탄소를 제거하는 방법은: 대기로부터 공기를 수집하는 단계; 수집된 공기로부터 이산화탄소를 제거하는 매체를 가열하도록 공정 열을 이용함으로써 수집된 공기로부터 이산화탄소를 제거하는 단계; 및 재생 가능 탄소 연료의 생성, 분리된 이산화탄소의 격리 및, 저장중 적어도 하나를 위한 위치로 제거된 이산화탄소를 격리시키는 단계를 포함하고, 수집, 제거 및 격리 단계들중 적어도 하나는 하나 또는 그 이상의 재생 가능 에너지 소스들을 이용하여 수행된다.

[0023] 적어도 하나의 구현예에서, 제거하는 단계는, 흡수제, 바람직스럽게는 넓은 표면적의 기판에 의해 유지되는 매체 형태인 흡수제를 이용하여 이산화탄소를 흡수하는 것을 포함한다.

- [0024] 적어도 하나의 구현예에서, 흡수제는 NaOH 용액이다.
- [0025] 적어도 하나의 구현예에서, 흡수제는 아민을 포함하고, 바람직스럽게는 큰 표면적의 다공성 기판 표면에 결합된 아민을 포함한다.
- [0026] 적어도 하나의 구현예에서, 격리하는 단계는 미네랄 격리(mineral sequestration) 또는 가압된 개스로서 지질층으로 인젝션(injection)하는 것을 포함한다.
- [0027] 본 발명의 원리는 본 발명의 원리에 따라서 복수개의 시스템들의 이용을 통해 혹성의 대기의 평균 온도를 조절하기 위한 글로벌 썬모스탯을 제공하도록 이용될 수 있는데, 시스템 각각은, 대기로부터 이산화탄소를 추출함으로써 그리고 매체로부터 이산화탄소를 추출하고 흡수의 다른 사이클을 위해 흡수제(매체)를 재생시키도록 공정 열을 이용함으로써, 혹성의 대기에 역 이산화탄소 효과(negative carbon dioxide effect)를 발생시킬 수 있다. 따라서, 복수개의 시스템들은 함께 이산화탄소가 대기중에서 증가하는 속도보다 빠른 속도로 대기로부터 이산화탄소를 효과적으로 추출할 수 있다 (그리고 추출된 개스를 이용하여 재생 가능한 탄소 연료를 생산할 수 있다).
- [0028] 대기로부터 이산화탄소를 추출하고 수집 매체로부터 이산화탄소를 분리시키도록 공정 열을 이용하는 출원인의 바람직한 개념은 지구 온난화 문제를 해결하는 의미 심장한 방법이며, 당해 기술 분야의 통상적인 지식을 넘어서는 것이다 (그리고 당업자에게는 직관에 반하는 것이다). 상세하게는, 저농도 주위 공기로부터 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 추출함으로써 지구 온난화 문제를 해결하도록 공정 열을 이용하는 것은, 고농도 굴뚝 개스 소스로부터 CO<sub>2</sub>를 추출하는 통상적인 접근 방식 및 주위 대기로부터 CO<sub>2</sub>를 추출하기 위하여 당해 기술 분야에 공지된 다른 계획들에 비교하여 매우 매력적인 것이다. 전자의 경우에, 분리 비용은 전체적으로 농도에 역으로 비례하는 것으로 생각되기 때문에 주위 대기에 있는 CO<sub>2</sub>의 300 배로 낮은 농도는 300 배로 더 비쌀 것이라고 예견되는 통상적인 지식에 직접적으로 반하게 된다. 연방 정부 자금 지원의 노력은 발전소의 굴뚝 개스 배출로부터 CO<sub>2</sub>를 추출하는데 지향되었으며 (예를 들면, 청정 석탄(clean coal)), 전문가들은 굴뚝 개스에 반하여 주위 공기를 이용하는 것은 비합리적이라고 공공연히 주장하였다. 그러나, 한정된 굴뚝 개스 소스 및 소스들에 비교하여 주위 공기 소스의 무한대의 커다란 크기는 통상적인 지식 및 관습에도 불구하고 출원인의 접근 방식을 효과적이게 할 수 있는 하나의 특징이다. 굴뚝 개스의 경우에, CO<sub>2</sub>를 포함하는 배기는 높은 온도이고 (섭씨 65 내지 70 도) 따라서 재생은 높은 온도의 가열을 이용하는데, 이는 낮은 온도의 주위 공기(대략 섭씨 25 도 내지 30 도)에 대하여 필요한 것보다 더욱 값비싼 것이다. 출원인의 접근 방식에는 매우 얇은 분리 장치들을 이용하는 성능이 포함된 다른 장점이 있으며, 이는 다른 공정상의 향상을 제공한다. 따라서, 굴뚝 배기를 직접적으로 세정하는 것보다, 출원인의 발명의 원리로 작동되는 글로벌 썬모스탯 설비(global thermostat facility)에 공정 열을 소통시킴으로써 더 저렴하게 CO<sub>2</sub>를 제거할 수 있다. 더욱이, 굴뚝 개스를 세정하는 것은 공기내 CO<sub>2</sub> 함량이 증가하는 것을 방지하는 것뿐인데 반해, 출원인의 접근 방식은 역의 탄소(negative carbon)을 발생시켜서, 대기중의 CO<sub>2</sub>의 양을 실질적으로 감소시킨다.
- [0029] 다른 분석에 따르면 석탄 발전소와 같은 거대한 정지 상태의 화석 연료 소스들을 단순히 정화시키는 것에 의해서, 또는 지구 온난화 문제를 위하여 재생 가능품의 이용 또는 보존에 의해서, 지구 온난화 문제가 제기하는 커다란 위기를 감소시키도록 시기 적절한 방식으로 그 문제를 해결할 수 없다. 본 발명에서의 경우와 같이, 실질적으로 대기로부터 CO<sub>2</sub>를 추출함으로써 ("역의 탄소") 주위 농도를 감소시키고 지구 온난화의 위협을 감소시킬 필요가 있다. 주위 대기로부터 CO<sub>2</sub>를 추출하기 위한, 간행된 다른 계획은 전체적으로 높은 온도의 열을 이용하였고 상세하게는 공정 열을 이용하지 않으며 따라서 높은 에너지 손실 때문에 심각하게 고려되지 않았다.
- [0030] 더욱이, 대기로부터 이산화탄소를 추출하는데 대한 출원인의 바람직한 개념은 공기 유동에 직각인 넓은 영역의 기판을 이용하는 것을 포함하는데, 그 기판은 넓은 표면적을 가진 다공성일 수 있고 대기로부터 이산화탄소를 제거하는 매체(예를 들면 아민)를 가지며, 또한 매체로부터 이산화탄소를 제거하도록 공정 열을 이용하는 것을 포함한다. 공기 유동의 방향에 직각인 상대적으로 넓은 영역의 기판을 이용하는 것이 특히 유용한데, 이는 (예를 들면, 굴뚝 개스에서 통상적으로 발견되는 상대적으로 높은 농도와는 반대로) 대기중에 있는 상대적으로 낮은 이산화탄소 농도 때문이다.
- 본 발명에 따르면, 인간에 의해 발생된 CO<sub>2</sub> 가 지구 기후에 미치는 효과를 감소시키도록 이산화탄소를 주위 대기로부터 제거함으로써, 지구 대기에서의 인간에 의해 발생된 CO<sub>2</sub> 의 충격 감소 방법이 제공되며, 상기 방법은:

지구상의 인간이 거주하는 대륙들 각각에서,  $\text{CO}_2$  의 화석 연료 동력원(power source)들에 적어도 인접하게 복수 개의  $\text{CO}_2$  추출 시스템들을 분포시키는 단계로서, 상기  $\text{CO}_2$  추출 시스템들 각각은 다공성, 팬케이크(pancake) 형상의 이산화탄소 포착 구조체를 포함하고, 상기 이산화탄소 포착 구조체는 주위 대기로부터 이산화탄소를 제거하기 위하여 이산화탄소를 흡수제에 결합시킬 수 있는 아민 흡수제(amine sorbent)를 지지하는, 복수개의  $\text{CO}_2$  추출 시스템들의 분포 단계;

이산화탄소를 기체 혼합물로부터 제거하기 위하여, 이산화탄소를 흡수제에 결합시킬 수 있는 아민 흡수제를 지지하는 다공성, 팬케이크 형상의 이산화탄소 포착 구조체를 통하여, 이산화탄소가 실린 주위 대기의 유동을 지향시키는 단계;

상기 다공성, 팬케이크 형상의 이산화탄소 포착 구조체를 상기 주위 대기의 유동과의 접촉으로부터 재생 엔크로져(regeneration enclosure)로 움직이는 단계;

120°C 보다 높지 않은 온도의 공정 열(process heat)을 유지하는 증기를 재생 엔크로져내의 이산화탄소 포착 구조체와 접촉시킴으로써 흡수제로부터 이산화탄소를 분리시키는, 흡수제 재생 단계;

분리된 이산화탄소를 재생 엔크로져로부터 회수하는 단계;

이산화탄소 포착 구조체를 재생 엔크로져로부터 이산화탄소가 실린 대기의 공기 유동 경로에 배치된 위치로 선택적으로 움직임으로써, 재생된 흡수제가, 상기 이산화탄소가 실린 대기의 유동으로부터 이산화탄소를 추가적으로 결합할 수 있게 하는 단계; 및,

재생 엔크로져와 이산화탄소가 실린 주위 대기의 유동 사이에서 다공성, 팬케이크 형상의 이산화탄소 포착 구조체의 상기 움직임을 주기적으로 반복하는 단계;를 포함한다.

본 발명의 일 특징에 따르면, 아민 흡수제는 상기 다공성, 팬케이크 형상 이산화탄소 포착 구조체의 표면 영역 상에 코팅된다.

본 발명의 다른 특징에 따르면, 포착 구조체는 공기의 유동 방향에서의 얇은 단면 및, 공기의 유동을 향하는 넓은 표면 영역을 가진다.

본 발명의 다른 특징에 따르면, 상기 분리된 이산화탄소를 재생 엔크로져로부터 회수하는 단계 이후에, 상기 분리된 이산화탄소의 격리(sequestration), 상기 분리된 이산화탄소의 저장, 재생 가능 탄소 연료의 생성(generation), 비료의 생성 및 건설 자재의 생성중 적어도 하나를 위하여, 상기 분리된 이산화탄소를 다른 위치에 있는 수집 시스템에 수집하는 단계를 더 포함한다.

[0031]

본 발명의 상기 특징 및 다른 특징들은 본 발명의 다양한 예시적인 구현예들에 대한 다음의 상세한 설명(첨부된 도면)에 설명되어 있거나 또는 그로부터 명백하다.

## 실시예

[0042]

도 1은 시스템의 전체적인 블록 다이아그램으로서, 전체적으로 도면 번호 1로 표시되어 있고, 그 시스템은 본 발명의 예시적인 구현예에 따라서 환경으로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 것이다. 시스템(1)은 공기 추출 시스템(40) 및 수집 시스템(50)을 구비하며, 이것은 제거된 이산화탄소를, 비료 및 건설 자재와 같은 비연료 생성물의 생성(generation), 또는 탄소 연료의 생성, 분리된 이산화탄소의 격리 및, 저장중 적어도 하나를 위한 위치로 격리시킨다. 공기 추출 시스템(40)이 바람직스럽게는 임의의 공지되거나 또는 나중에 발견된  $\text{CO}_2$  추출 방법을 포함하는데, 이것은 매체를 포착된 공기내의  $\text{CO}_2$  와 화학적, 전기적 및/또는 물리적인 상호 작용에 노출시킴으로써 환경의 공기로부터  $\text{CO}_2$ 를 흡수하고 그리고/또는  $\text{CO}_2$ 를 결합시키는 매체를 이용하는 방법을 포함한다. 매체는 액체, 기체 또는 고체일 수 있거나, 또는 액체, 기체 또는 고체 물질의 조합일 수 있으며, 고체의 경우에, 물질이 바람직스럽게는 다공성이다. 매체가 바람직스럽게는 재생될 수 있어서  $\text{CO}_2$  가 매체에 의해 포착되고 격리를 위해 매체로부터 분리된 이후에, 매체는 추가적인  $\text{CO}_2$  의 흡수/결합을 위해 재사용될 수 있다. 그러나, 다른 구현예들에서 매체는 포착된  $\text{CO}_2$  와 함께 격리될 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이,  $\text{CO}_2$  의 흡수/결합 및 격리 시스템(50)에 의해 수행되는  $\text{CO}_2$  의 격리와 같은 다른 공정들뿐만 아니라, 매체로부터의  $\text{CO}_2$  의 분리는 공기 추출 시스템(40)에 대한 가열에 의해 보다 효과적으로 이루어질 수 있다. 본 발명에서, 열은 예를 들면 태양 에너지 수집기(solar collector)와 같은 태양 에너지 발생기에 의해서 발생된 공정 열이며, 이것에 관해서는 이후에

보다 상세하게 설명될 것이다. 다른 구현예에서, 공정 열(process heat)은 예를 들면, 화석 연료, 지열, 핵, 바이오매스(biomass) 및 다른 재생 가능한 에너지 소스와 같은, 다른 유형의 에너지원에 의해서 제공될 수 있다. 여기에서 이용된 용어인 "공정 열(process heat)"은 높은 온도의 열이 전기를 발생하기 위하여 이용된 이후에 남아있는 낮은 온도의 열을 지칭한다. 보다 일반적으로, "공정 열"이라는 용어는 주 공정 이후에 남아있거나 또는 공정 자체에 의해서 가해지는 임의의 낮은 온도의 열을 지칭하며, 예를 들면, 사실상 이산화탄소가 매체에 결합되어 포착되는 때이거나 또는 이산화탄소가 미네랄로서 저장되는 발열 탄산염화 반응과 같은 것이다. 더욱이, "공정 열"은 동력이나 또는 전기 발생이 아닌 생성물을 생성시키는 에너지원의 이용으로부터 제공될 수 있다. 예를 들면, 화학적 처리, 시멘트, 강철 또는 알루미늄의 제조, 액체 에너지 생성물로의 석탄과 같은 에너지 제품의 제조, 정련(refining)과 같은 주 공정(primary processing)은 주 공정을 구동시키도록 열을 이용할 수 있고, 주 공정 이후에 남겨지거나 또는 주 공정 동안에 발생된 미사용의 열은 그러한 공정의 공정 열이며, 미사용의 열(unused heat)은 본 발명의 원리에 따른 시스템 또는 방법에서 이용될 수 있다.

[0043]

환경으로부터 이산화탄소를 추출하고 수집 매체로부터 이산화탄소를 분리시키도록 공정 열을 이용하는 출원인의 바람직한 개념은 지구 온난화를 해결하는 의미 있는 방법이며, 당해 기술 분야의 종래의 지식에 반하는 것이다 (그리고 당해 기술 분야의 당업자의 직관에 반하는 것이다). 상세하게는, 저 농도의 주위 공기로부터 이산화탄소( $CO_2$ )를 추출함으로써 지구 온난화 문제를 해결하는 공정 열의 이용은 고농도의 굴뚝 개스 소스로부터  $CO_2$ 를 추출하는 통상적인 접근 및 주위 환경으로부터  $CO_2$ 를 추출하려는 당해 기술 분야의 다른 계획에 비하여 매우 매력적인 것이다. 전자의 경우에, 분리 비용이 전체적으로 농도에 역으로 비례하는 것으로 생각되기 때문에 주위 대기에 있는  $CO_2$ 의 300 배로 낮은 농도는 300 배로 더 비쌀 것이라고 예전되는 통상적인 지식에 직접적으로 반하게 된다. 따라서 연방 정부 자금 지원의 노력이 발전소의 굴뚝 개스 배출로부터  $CO_2$ 를 추출하는데 지향되었으며 (예를 들면, 청정 석탄(clean coal)), 전문가들은 굴뚝 개스에 반하여 주위 공기를 이용하는 것은 비합리적이라고 공공연히 주장하였다. 그러나, 한정된 굴뚝 개스 소스 및 소스들에 비교하여 주위 공기 소스의 무한대의 커다란 크기는 통상적인 지식 및 관습에도 불구하고 출원인의 접근 방식을 효과적이게 할 수 있는 하나의 특징이다. 굴뚝 개스의 경우에,  $CO_2$ 를 포함하는 배기는 높은 온도이고 (섭씨 65 내지 70 도) 따라서 재생은 높은 온도의 열을 사용하는데, 이는 낮은 온도의 주위 공기(대략 섭씨 25 도 내지 30 도)에 대하여 필요한 것보다 더욱 값비싼 것이다. 출원인의 접근 방식에는 매우 얇은 분리 장치들을 이용하는 성능이 포함된 다른 장점이 있으며, 이는 다른 공정상의 향상을 제공한다. 따라서, 굴뚝 배기를 직접적으로 세정하는 것보다, 출원인의 발명의 원리로 작동되는 글로벌 씨모스탯 설비(global thermostat facility)에 공정 열을 소통시킴으로써 더 저렴하게  $CO_2$ 를 제거할 수 있다. 더욱이, 굴뚝 개스를 세정하는 것은 공기내  $CO_2$  함량이 증가하는 것을 방지하는 것뿐인데 반해, 출원인의 접근 방식은 역의 탄소(negative carbon)을 발생시켜서, 대기중의  $CO_2$ 의 양을 실질적으로 감소시킨다.

[0044]

다른 분석에 따르면 석탄 발전소와 같은 거대한 정지 상태의 화석 연료 소스들을 단순히 정화시키는 것에 의해서, 또는 지구 온난화 문제를 위하여 재생 가능품의 이용 또는 보존에 의해서, 지구 온난화 문제가 제기하는 커다란 위기를 감소시키도록 시기 적절한 방식으로 그 문제를 해결할 수 없다. 본 발명에서의 경우와 같이, 실질적으로 대기로부터  $CO_2$ 를 추출함으로써("역의 탄소") 주위 농도를 감소시키고 지구 온난화의 위협을 감소시킬 필요가 있다. 주위 대기로부터  $CO_2$ 를 추출하기 위한, 간행된 다른 계획은 전체적으로 높은 온도의 열을 이용하였고 상세하게는 공정 열을 이용하지 않으며 따라서 높은 에너지 손실 때문에 심각하게 고려되지 않았다.

[0045]

도 2는 본 발명의 예시적인 구현예에 따라서 주위로부터 이산화탄소를 제거하기 위한, 전체적으로 도면 번호 2로 표시된 시스템의 블록 다이아그램이다. 시스템(2)은 태양 에너지 수집기(10), 선택적인 보충 에너지 소스(20), 발전기(30), 공기 추출 시스템(42) 및 수집 시스템(50)을 포함한다. 시스템(1)의 각각의 구성 요소들은 이후에 상세하게 설명될 것이다.

[0046]

태양 에너지 수집기(10)는 공지되거나 또는 미래에 발견될 임의의 태양 에너지 수집 시스템일 수 있는데, 이것은 예를 들면 집중 솔라 파워 파라볼릭 미러(concentrated solar power parabolic mirror) 및 집중 솔라 파워 타워(concentrated solar power tower)와 같은, 태양 에너지 수집 유닛을 포함할 수 있다. 당해 기술 분야에서 공지된 바와 같이, 태양 에너지 수집기(10)는 태양열 에너지를 열 에너지로 변환시키는데, 열 에너지는 전력 발전기(30)를 구동하는데 이용될 수 있다. 잔류 열 에너지(즉, 공정 열)는 공기 추출 시스템(42) 및/또는 수집 시스템(50)을 구동하는데 이용될 수 있다. 예를 들면, 공정 열은, 공기로부터  $CO_2$ 를 흡수하고 그리고/또는 매체로

부터  $\text{CO}_2$  를 배제시키는 공기 추출 시스템(42)에서 이용되는 화학적 및/또는 물리적 반응의 효율을 향상시키도록 이용될 수 있다. 추가적으로, 다른 예시적인 구현예들에서, 도 2 의 쇄선 화살표로 도시된 바와 같이, 태양 에너지 수집기(10)로부터의 직접적인 열은 공기 추출 시스템(42) 및/또는 수집 시스템(50)을 구동하는데 이용될 수 있다.

[0047] 전력 발전기(30)는 예를 들면 태양 에너지 수집기에 의해 제공된 열 에너지를 전기로 변환시키는 열 동력 발전기일 수 있다. 당해 기술 분야에 공지된 바와 같이, 태양열은 용융염(molten salt)과 같은 매체에 초점을 맞출 수 있어서, 이것이 다음에 고온, 고압의 증기를 발생시키는데 이용되어 터빈을 구동시킴으로써 전기를 발생시킨다. 발전된 전기는 전력 그리드(power grid)의 일부로서 일반 주민에 전력을 공급하는 것에 추가하여, 시스템(2)의 다른 구성 요소들에 전력을 제공하도록 이용될 수 있다. 이와 관련하여, 태양 에너지 수집기(10)에 의해 제공되는 열 에너지는 보충 에너지 소스(20)에 의해 발생되는 에너지에 의해 보충될 수 있다. 예를 들면, 보충 에너지 소스(20)는 폐기 소각 플랜트일 수 있으며, 이것은 전력 발전기(30)를 구동하는 추가적인 열 에너지를 제공한다. 또한, 태양 에너지에 추가하여 그 어떤 다른 유형의 재생 가능 에너지 소스라도 이용될 수 있고, 바람직스럽게는 전기 발전의 대한 선구체로서 열을 발생시키는 재생 가능 에너지 소스가 이용될 수 있다는 점이 이해되어야 한다. 태양 에너지에 추가적으로 이용되는 다른 잠재적인 재생 가능 에너지 소스들은 예를 들면 핵, 바이오매스 및 지열 에너지 소스들을 포함한다.

[0048] 대안으로서, 전력 발전기(30)는 전기의 발생을 위하여 예를 들면, 석탄, 연료 오일, 천연 가스 및 오일 셰일(oil shale)과 같은 화석 연료들을 연소시키는 것에 달려 있는, 임의의 공지되거나 또는 미래에 발견될 화석 연료 설비(플랜트)일 수 있다. 전력 발전기는 전기 발생이 아닌 목적을 위한 것일 수 있다 (예를 들면, 전력 발전기는 화학적 처리를 위한 것일 수 있거나, 또는 알루미늄을 생산하는 것과 같은 다양한 다른 목적을 위한 것일 수 있다). 화석 연료 전력 플랜트(30)에 의해 발생된 열 에너지는 전기를 발전시키는데 이용될 수 있고, 잔여 에너지(즉, 공정 열)는 공기 추출 시스템(42) 및/또는 격리 시스템(50)을 구동하는데 이용될 수 있다. 예를 들면, 화석 연료 전력 플랜트(30)로부터의 공정 열은, 공기로부터  $\text{CO}_2$ 를 흡수하고 그리고/또는 매체로부터  $\text{CO}_2$ 를 배제시키는 공기 추출 시스템(42)에서 이용되는 화학적 및/또는 물리적 반응의 효율을 향상시키도록 이용될 수 있다. 화석 연료 전력 플랜트(30)에 의해 제공되는 잔여의 열은 보충 에너지 소스에 의해 발생되는 에너지에 의해 보충될 수 있다. 예를 들면, 보충 에너지 소스는 예를 들면 태양, 핵, 바이오매스 및 지열 에너지 소스와 같은 재생 가능 에너지 소스이거나 또는 폐기 소각 플랜트일 수 있으며, 이것은 추가적인 열 에너지를 제공하여 공기 추출 시스템(42) 및/또는 수집 시스템(50)을 구동한다. 보충 에너지 소스로부터의 공정 열은 공기 추출 시스템(42) 및/또는 수집 시스템(50)을 구동하도록 이용될 수도 있다.

[0049] 더욱이, 위에서 설명된 바와 같이, "공정 열"은 동력 또는 전기 발전이 아닌 생성물을 발생시키는 에너지 소스의 이용으로부터 제공될 수 있다. 예를 들면, 화학적 처리, 시멘트, 스틸 또는 알루미늄의 제조, 정련, 석탄 및 액체 에너지 제품들과 같은 에너지 제품 생산등의 주 공정(primary processing)은 주 공정을 구동시키도록 열을 이용할 수 있으며, 주 공정 이후에 남아있거나 또는 주 공정 동안에 발생된 미사용의 열은 그러한 공정의 공정 열이 되고, 본 발명의 원리에 따른 시스템이나 또는 방법에서 이용될 수 있다.

[0050] 도 3 은 본 발명의 예시적인 구현예에 따른 시스템(2)과 이용될 수 있는 공기 추출기 시스템(42)의 블록 다이아그램이다. 공기 추출기 시스템(42)은 공기 접촉기(41), 소작기(causticizer, 43), 소화기(slaker, 45), 소성기(calciner, 47) 및 포착 유닛(capture unit, 49)을 포함한다. 공기 접촉기(41)는 공기로부터 선택적으로  $\text{CO}_2$ 를 포착하는 흡수 물질을 이용할 수 있고, 공지되거나 또는 이후에 발견될 접촉기 구조로 이루어질 수 있는데, 예를 들면, 대형의 대류 타워(convective tower), 개방된 정체 풀(open, stagnant pool) 및 팩킹된 스크루빙 타워(packed scrubbing tower)들과 같은 것이다. 본 발명의 구현예에서, 흡수 물질은 수산화나트륨(NaOH)일 수 있으며, 이것은 공기로부터  $\text{CO}_2$  를 용이하게 흡수한다. 다른 공지되거나 또는 미래에 발견될 포착 방법들이 이용될 수 있으며, 예를 들면, 화학적 흡수, 물리적 및 화학적 흡수, 저온 증류, 개스 분리 멤브레인, 광화작용/바이오 광화작용(mineralization) 및 식물화(vegetation)와 같은 것이 이용될 수 있다는 점이 이해되어야 한다. 다른 예로서, 당해 기술 분야에 공지된 바와 같이, 수성 아민 용액 또는 아민 농후 고체 흡수제가  $\text{CO}_2$ 를 흡수하도록 이용될 수 있다. 바람직스럽게는, 흡수 물질이 재생되고, 포착 방법은 흡수 물질을 재생시키는데 약 100-120°C 보다 낮은 열을 필요로 한다.

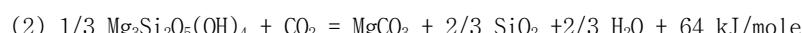
[0051] 이러한 구현예에서,  $\text{CO}_2$  는 공기 접촉기(41)에서 NaOH 용액으로 흡수될 수 있어서 탄산 나트륨(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)을 형성하는데, 이것은 예를 들면, [www.ucalgary.ca/~keith/papers/84.Stolaroff.AirCaptureGHGT-8.p.pdf](http://www.ucalgary.ca/~keith/papers/84.Stolaroff.AirCaptureGHGT-8.p.pdf) 에서 찾아볼

수 있는 문헌인 "주위 공기로부터의  $\text{CO}_2$  포착을 위한 파일럿-스케일 원형 접촉기;비용 및 에너지 요건"에서 Stolaroff 등이 설명한 방식으로 이루어지며, 상기 문헌은 본원에 참고로서 포함된다. 물론, 다른 공지되거나 또는 미래에 개발될 흡수제들이  $\text{NaOH}$  용액의 대안으로서 또는 그것에 추가하여 이용될 수도 있다. 발생된  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 는 다음에 소작기(43)로 보내지는데, 그곳에서  $\text{NaOH}$ 는 배치 공정(batch process)에서 석회(lime,  $\text{CaO}$ )의 추가에 의해 재생된다. 결과적인  $\text{CaCO}_3$  고체는 소성기(calciner, 47)로 보내지고, 그곳에서  $\text{CaO}$ 를 재생시키도록 화로에서 가열됨으로써, 소성(calcination)으로 알려진 공정에서  $\text{CO}_2$ 를 배제시킨다. 재생된  $\text{CaO}$ 는 다음에 소화기(slaker, 45)를 통해서 보내지는데, 이것은 소작기(43)에서 이용되는 소화된 석회(slaked lime,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )를 생성한다.

[0052] 포착 유니트(49)는 저농도에서 효과적인 임의의 공지되거나 또는 이후에 발견될  $\text{CO}_2$  포착 방법을 이용하여 소성기(47)로부터 배제된  $\text{CO}_2$ 를 포착하며, 여기에서  $\text{CO}_2$ 는 대기중에 존재하며 재생을 위해서 오직 낮은 온도만을 필요로 한다. 예를 들면, 포착 유닛(49)은 아민 베이스의 포착 시스템을 이용할 수 있는데, 이것은 2003. 4. 15.자의 미국 특허 US 6,547,854 (Gary 등) 및 2005.6.21.자의 미국 특허 US 6,908,497 (Sirwardane)에 설명된 시스템으로서, 이들은 본원에 참고로서 포함된다. 포착 유니트(49)는 포착된  $\text{CO}_2$ 를 액체 형태로 압축함으로써  $\text{CO}_2$ 가 보다 용이하게 격리될 수 있다.

[0053] 수집 시스템(50)은 재생 가능 탄소 연료의 생성, 분리된 이산화탄소의 저장 및 격리중 적어도 하나, 또는 비료 및 건설 자재들과 같은 비 연료 생성물의 생성을 위한 위치로, 제거된 이산화탄소를 격리시킨다. 수집 시스템(50)은 임의의 공지된, 또는 미래에 발견될 탄소 격리 및/또는 저장 기술을 이용할 수 있는데, 예를 들면, 미네랄 격리(mineral sequestration) 또는 지질층(geological formation)으로 인젝션하는 것이다. 인젝션(injection)의 경우에, 포착된  $\text{CO}_2$ 는 예를 들면, 오일 및 개스 저장부, 채굴 불가능한 석탄 광층(unmineable coal seams) 및 깊은 염류 저장부와 같은 지질층에 격리될 수 있다. 이와 관련하여, 많은 경우에, 지질층으로  $\text{CO}_2$ 를 인젝션하는 것은 탄화수소의 회수를 향상시킬 수 있어서,  $\text{CO}_2$ 의 포착 및 수집 비용을 차감시킬 수 있는 부가 가치의 부산물을 제공한다. 예를 들면, 오일 또는 천연 개스 저장부로  $\text{CO}_2$ 를 인젝션하는 것은 생성물을 향상된 오일 회수로서 공지된 공정으로써 밀어낸다. 포착된  $\text{CO}_2$ 는 지하에서, 본 발명의 적어도 일 구현예에 따라서 시스템(2)의 다른 구성 요소들로부터 바람이 불어오는 쪽의(upwind) 원격 장소에 격리됨으로써 그 장소로부터의 누설은 시스템(2)에 의해서 다시 포착된다.

[0054] 미네랄 격리(mineral sequestration)에 관하여,  $\text{CO}_2$ 는 칼슘 및 마그네슘 규산염과의 탄산염화 작용에 의해 격리될 수 있으며, 이는 미네랄 퇴적으로서 자연스럽게 발생된다. 예를 들면, 아래의 반응 (1) 및 (2)에 도시된 바와 같이,  $\text{CO}_2$ 는 포르스테라이트(forsterite) 및 서펜타인(serpentine)과 반응할 수 있으며, 이것은 발열 반응에서 고체의 칼슘 및 마그네슘 탄산염을 생성한다.



[0055] 이러한 양쪽의 반응들은 저온에서 선호된다. 이와 관련하여, 여기에 설명된 공기 포착 및 공기 격리 공정들은 필요한 반응을 구동하고 적절한 시스템 구성 요소들에 전력을 제공하도록 태양 에너지 수집기(10)(또는 다른 재생 에너지 소스)에 의해 발생된 전기 및/또는 열에너지를 이용할 수 있다. 본 발명의 예시적인 구현예에서, 고온 캐리어(carrier)는 전기 발전기를 가동시키는 증기를 발생시키도록 약 400°C 내지 약 500°C의 범위인 온도로 가열될 수 있고, 전기 발생 터빈으로부터 배출되는 저온 증기는  $\text{CO}_2$ 를 배제시키고 흡수제(예를 들면  $\text{NaOH}$ )를 재생시키는데 이용될 수 있다. 전기 생산 이후에 남은 저온 공정 열의 온도, 발생된 전기 및 고온 열의 온도는, 주어진 적용예에서 최적으로 간주되는  $\text{CO}_2$  제거 및 전기 생산의 혼합을 생성하도록 조절될 수 있다. 또한, 예시적인 구현예에서, 포착 및 격리 단계들로부터 나오는 저온 공정 열은 그 단계들에서 이용되는 장비를 냉각시키도록 이용될 수 있다.

[0056] 대기로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 하나 또는 그 이상의 시스템들은 본 발명의 예시적인 구현예에 따라서 글로벌 써모스탯(global thermostat)의 일부로서 이용될 수 있다. 대기중의 이산화탄소 양을 조절하고 따라서 이산화탄소 및 다른 개스 배기애 의해 야기되는 온실 효과를 조절함으로써, 여기에 설명된 시스템은 지구의 평

균적인 온도를 변화시키도록 이용될 수 있다. 본 발명의 적어도 하나의 예시적인 구현예에 따르면, 몇 개의 이산화탄소 포착 및 격리 시스템들이 지구에 걸쳐서 상이한 위치들에 위치될 수 있어서 대기중의 CO<sub>2</sub> 농도를 변경시키도록 다중 시스템들의 작동이 이용될 수 있고 따라서 혹성의 온실 가열이 변화될 수 있다. 대규모 산업 센터 및 높은 인구 밀도의 도시 또는 CO<sub>2</sub>의 자연적인 지점 소스와 같은 지역들에서 대부분의 효과가 있도록 그 위치들이 선택될 수 있는데, 그 위치들 각각은 보다 비용 효과적인 포착을 가능하게 하는 국부적으로 높은 CO<sub>2</sub> 농도를 발생시킬 수 있다. 예를 들면, 도 4에 도시된 바와 같이, 다중 시스템(1)들이 지구를 가로질러 산재될 수 있고, 예를 들면 국제적인 자금 조성 및 동의를 포함하는 국제 협력이 시스템(1)의 제어 및 구성을 조절하도록 이용될 수 있다. 이와 관련하여, 온실 가스 농도는 혹성의 평균 지구 온도를 변경시키도록 변화될 수 있어서, 인간 및 생태 시스템에 파괴적일 수 있는 냉각 및 온난 주기가 회피된다. 우리 혹성의 과거 동안에, 파괴 및 심지어는 대량 사멸을 야기했던 급속한 온도의 변화 및 빙하기들이 많이 있었다. 미래의 그러한 온도 변화는 잠재적인 자원 감소에서 초래되는 분쟁에 의한 인류 사회의 불안정 및 대량 손실의 직접적인 원인일 수 있다. 여기에 설명된 글로벌 써모스탯은 다가올 수십년간에 그러한 재난들을 방지하는 열쇠가 될 수 있다.

[0059] 도 5는 전체적으로 도면 번호 100으로 표시된 시스템의 블록 다이아그램으로서, 이는 본 발명의 다른 예시적인 구현예에 따라서 대기로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 것이다. 시스템(100)은 재생 가능 에너지 소스(110), 선택적인 보충 에너지 소스(120), 전력 발전기(130), 공기 추출 시스템(142) 및 수집 시스템(150)을 포함한다. 본 구현예가 도 2의 구현예와 상이한 점은 재생 가능 에너지 소스(10)가 임의의 공지되거나 또는 미래에 발견될 에너지 소스일 수 있으며, 태양 에너지 이외에, 예를 들면, 핵, 지열 및 바이오매스 에너지 소스들과 같은 것이다. 바람직스럽게는, 재생 에너지 소스가 열 에너지를 발생시키는데, 이것은 전기를 발생시키고 공기 추출 시스템(142) 및 수집 시스템(150) 안에서 발생되는 다양한 화학적 및/또는 물리적 반응들의 효과를 향상시키도록 이용될 수 있다. 이와 관련하여, 공기 추출 시스템(142) 및 수집 시스템(150)은 이전의 구현예를 참조하여 설명된 것과 동일할 수 있거나, 또는 임의의 공지되거나 또는 미래에 발견될 공기 추출 및 수집 시스템들에 따른 구성 요소들을 포함할 수 있다. 또한, 이전의 구현예를 참조하여 도 4에 도시된 바와 같이, 복수개의 시스템(100)들이 지구에 걸쳐 전략적으로 배치될 수 있고, 시스템(100)의 제어는 글로벌 써모스탯으로서 집합적으로 기능하기 위하여 조정될 수 있다.

[0060] 도 6 내지 도 9는 이산화탄소가 본 발명의 원리에 따라서 대기로부터 제거될 수 있는 몇가지 방법을 개략적으로 도시한 것이다.

[0061] 상세하게는, 도 6에서, 한쌍의 기관(600, 602)들이 도시되어 있는데, 이들 각각은 이산화탄소를 대기로부터 이산화탄소를 제거하도록 대기와 접촉할 수 있는 매체(예를 들면, NAOH, 아민(amine))를 가진다. 기관(600, 602)들은 (기관들이 두께에 비해서 상대적으로 큰 면적이라는 점에서) 수직으로 지향된 팬케이크 형상이고, 그 각각은 (표면 영역에서) 상대적으로 넓고 상대적으로 얇다(예를 들면 수 밀리미터의 정도이고, 바람직스럽게는 1 미터보다 두껍지 않다). 각각의 기관은 상부 위치와 하부 위치 사이에서 (예를 들면 폴리 시스템(미도시)에 의해서) 움직일 수 있는데, 상부 위치에서는 이산화탄소가 실린 공기가 기관에 의해 유지되는 매체와 접촉하여 공기로부터 이산화탄소를 제거하고, 하부 위치에서는 공정 열이 기관에 지향되어 이산화탄소를 매체로부터 제거한다. 기관(600, 602)은 큰 표면적을 가진 다공성이어서, 기관을 지향하는 공기는 기관을 통해 유동할 수 있다. 기관이 상부 위치(예를 들면 기관(600)의 위치)에 있을 때, 이산화탄소가 실린 공기는 (예를 들면 쇄선으로 도시된 팬(604)에 의해) 기관으로 지향되어, 공기가 기관을 통해 유동할 때, 이산화탄소는 매체와 접촉하고 실질적으로 공기로부터 제거된다. 따라서, 이산화탄소가 실린 공기는 기관에 지향되고 기관을 통과함으로써 이산화탄소는 매체와 접촉하게 되며, 이산화탄소는 매체에 의해서 공기로부터 실질적으로 제거되며, 이산화탄소가 실질적으로 제거되었던 공기는 기관으로부터 이탈되게 지향된다. 기관이 하부 위치(예를 들면, 기관(602)의 위치)로 움직일 때, 공정 열은 기관에 (예를 들면, 유체 도관(606)을 통하여) 지향되고, 이산화탄소는 (화살표(608)에 의해 도시된 방향으로) 기관에 지향되는 유체의 소스에 의해 제거되고(빠지게 되고), 매체로부터 제거되었던 이산화탄소는 흡입 소스(610)에 의해서 기관으로부터 이탈되게 당겨진다. 기관(600, 602)들은 상부 위치와 하부 위치 사이에서 번갈아서 움직일 수 있어서, 상부 위치에 있는 기관은 공기로부터 이산화탄소를 제거하고, 이산화탄소는 하부 위치에 있는 기관으로부터 제거되고 있다. 만약 강한 바람을 이용할 수 있다면, 팬(fan) 보다는 자연 바람이 기관을 통해 공기를 추진하는데 이용될 수 있다는 점이 주목되어야 한다. 더욱이, 아래에 설명된 바와 같이, 팬은 태양 에너지 구동 소스로 대체될 수 있으며 (또는 풍력 또는 열로 구동되는 공기 흐름에 의해서 대체될 수 있으며) 그러한 경우에 대기로부터 이산화탄소를 추출하는 비용 감소 및 효율은 더욱 향상될 수 있다. 더욱이, 기관의 위치를 변환시키기 보다는, 당업자에게 명백한 바와 같이, 이산화탄소가 공기로부터 포착되고 매체로부터 추출될 때 공기의 유동, 공정 열의 유동 및, 기관으로부터 이탈되는 이산화탄소의 유동을 발생시키는 수단이

변환될 수 있다.

위에 설명된 한쌍의 기판(600,602)은 청구항에 기재된 '이산화탄소 포착 구조체'에 대응하고, 상기 '이산화탄소 포착 구조체'는 청구항에 기재된 'CO<sub>2</sub> 추출 시스템'에 포함된다. 또한 기판(600,602)들중 하나가 하부 위치로 움직여서 기판의 매체(즉, 흡수제)로부터 이산화탄소가 제거되는 구성은, 청구항에 기재된 이산화탄소 포착 구조체가 '재생 엔크로져(generation enclosure)'로 움직이는 단계 및 흡수제의 재생이 이루어지는 단계에 대응한다.

한편, 이산화탄소가 흡입 소스(610)에 의해 기판으로부터 이탈되게 당겨지는 구성은, 청구항에서 기판으로부터 '분리된 이산화탄소를 재생 엔크로져로부터 회수하는' 구성에 대응한다. 다른 한편으로, 기판(600,602)이 상부 위치와 하부 위치 사이에서 번갈아서 움직이고, 하부 위치에서 재생된 기판이 상부 위치에서 이산화탄소를 더 결합시킬 수 있는 구성은, 청구항에서 이산화탄소 포착 구조체가 선택적으로 움직이고, 재생된 흡수제가 이산화탄소를 추가적으로 결합시킬 수 있고, 또한 상기 이산화탄소 포착 구조체의 움직임이 주기적으로 반복되는 구성에 대응한다.

[0062]

도 7 은 본 발명의 원리에 따라서, 대기로부터 이산화탄소를 제거하고 매체로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 매체의 다른 예(version)를 개략적으로 도시한 것이다. 상세하게는, 도 7에서, 한쌍의 기판(700,702)들이 도시되어 있는데, 기판들 각각은 대기로부터 이산화탄소를 제거하도록 대기와 접촉될 수 있는 매체(예를 들면, NAOH, 아민)를 가진다. 기판(700,702)들은 수평으로 지향되며, 각각 (표면 영역에서) 상대적으로 넓고 상대적으로 깊다(예를 들면 밀리미터 또는 센터미터의 정도이다). 각각의 기판은 공기 추출 위치와 탄소 추출 위치 사이에서 (예를 들면, 폴리 시스템(미도시)에 의해서) 수평으로 움직일 수 있는데, 공기 추출 위치에서는 이산화탄소가 실린 공기가 기판에 의해 유지되는 매체와 접촉하여 공기로부터 이산화탄소를 제거하고, 탄소 추출 위치에서는 공정 열이 기판에 지향되어 이산화탄소를 매체로부터 제거한다. 기판(700,702)들은 다공성이며, 따라서 기판에 지향된 공기는 기판을 통하여 유동할 수 있다. 기판이 공기 추출 위치(예를 들면 기판(700)의 위치)에 있을 때, 이산화탄소가 실린 공기는 (예를 들면 쇄선으로 도시된 팬(704)에 의해서) 기판에 지향되어, 공기가 기판을 통하여 유동하면 이산화탄소는 매체와 접촉하고 실질적으로 공기로부터 제거된다. 따라서, 이산화탄소가 실린 공기는 기판에 지향되고 그것을 통함으로써 이산화탄소가 매체와 접촉하게 되고, 이산화탄소는 매체에 의해 공기로부터 실질적으로 제거되고, 이산화탄소가 실질적으로 제거되었던 공기는 기판으로부터 이탈되게 지향된다. 기판이 탄소 추출 위치(예를 들면, 기판(702)의 위치)로 움직일 때, 공정 열은 (예를 들면 유체 도관(706)을 통하여) 기판에 지향되고, 이산화탄소는 (화살표(708)에 의해 도시된 방향으로) 기판에 지향된 유체 소스에 의해 제거되고(빠지게 되고) 매체로부터 제거되었던 이산화탄소는 흡입(710)의 소스에 의해 기판으로부터 이탈되게 당겨진다. 기판(700,702)들은 공기 추출 위치와 탄소 추출 위치 사이에서 번갈아서 움직일 수 있어서, 공기 추출 위치에 있는 기판은 공기로부터 이산화탄소를 제거하고 이산화탄소는 탄소 추출 위치에 있는 기판으로부터 제거된다. 만약 강한 바람을 이용할 수 있다면, 팬(fan) 보다는 자연 바람이 기판을 통해 공기를 추진하는데 이용될 수 있다는 점이 주목되어야 한다. 더욱이, 아래에 설명된 바와 같이, 팬은 태양 에너지 구동 소스로 대체될 수 있으며 (또는 풍력 또는 열로 구동되는 공기 흐름에 의해서 대체될 수 있으며), 그러한 경우에 대기로부터 이산화탄소를 추출하는 비용 감소 및 효율은 더욱 향상될 수 있다. 더욱이, 기판의 위치를 변환시키기 보다는, 당업자에게 명백한 바와 같이, 이산화탄소가 공기로부터 포착되고 매체로부터 추출될 때 공기의 유동, 공정 열의 유동 및, 기판으로부터 이탈되는 이산화탄소의 유동을 발생시키는 수단이 변환될 수 있다.

[0063]

도 9 에 도시된 본 발명의 예는 도 7 에 도시된 수평으로 배향된 예와 전체적으로 유사하지만, 도 9 의 예에서, 공기 추출 위치에 있는 기판(예를 들면 기판(900))을 통해서 탄소가 실린 공기를 움직이는 소스가 팬(fan)이기 보다는, 태양열 가열 타워 또는 굴뚝(도 9 에 도면 번호 912 로 개략적으로 도시됨)으로부터 발생되는 가스 유동의 소스가 있다. 태양 에너지 굴뚝(solar chimney)은 공기 냉각기를 태양열로 가열함으로써 발생될 수 있다. 태양 에너지 굴뚝은 "스커트(skirt)"를 가지게 되는데(도 9에서 쇄선(913)으로 표시됨), 이것은 태양열로 가열된 공기가 굴뚝에 집중될 수 있게 한다. 따라서, 태양 에너지 굴뚝을 가진 태양 에너지 분야는 도 7 과 관련하여 설명되고 도시된 방식으로, 대기로부터 이산화탄소를 제거하고 매체로부터 이산화탄소를 제거하는 시스템 및 구조와 관련될 수 있다. 그러나, 기판에 있는 이산화탄소가 실린 공기의 주 구동기로서의 팬(704) 보다는, 이산화탄소가 실린 공기는 태양 에너지에 의해 가열되고 그 공기는 태양 에너지 굴뚝 또는 타워(912)에서 상승하는 것이 허용된다. 뜨거운 공기가 상승하는 경향 때문에, 상방향으로의 통풍이 발생되고, 그것은 이산화탄소가 실린 공기를 함께 운반하며, 기판(900)은 상방향 통풍의 경로에 위치된다. 따라서 이산화탄소가 실린 공기는 공기 추출 위치에 있는 기판(900)을 통하여 지향되며, 이산화탄소는 도 7 과 관련하여 설명되고 도시된 것과 같은 방식으로 탄소 추출 위치에 있는 기판(902)으로부터 제거된다. 태양 에너지로써 공기로부터 이산화탄소의 추출을

추진함으로써, 추출 비용은 더욱 감소되고, 전체적인 작동은 더욱 재생 가능하다. 물론, 태양이 빛나지 않을 때의 기간 동안에 대한 준비가 이루어져야 하며, 팬(704)(도 7)과 유사한 구동기의 일부 형태가 필요할 것이다. 그러나, 팬 대신에, 팬을 태양 에너지 구동 소스로 대체하는 (또는 풍력이나 열 구동되는 공기 흐름으로 대체하는) 기간을 가지는 그 어떤 경우에라도, 대기의 공기로부터 이산화탄소를 추출하는 것의 비용 절감 및 효율은 더욱 향상될 수 있다.

[0064] 도 8 은 본 발명의 원리에 따라서 대기로부터 이산화탄소를 제거하고 매체로부터 이산화탄소를 제거하는 매체의 다른 예를 개략적으로 도시한 것이다. 도 8에서, 대기로부터 이산화탄소를 제거하고 매체로부터 이산화탄소를 제거하는 매체는 연속적으로 이동하는 기판(800)상에 배치된다. 기판은 공기 추출 영역(814)을 통해 움직이는데, 그곳에서 이산화탄소가 실린 공기는 기판(이전의 구현예에서와 같이 다공성이다)에서 그것을 통해 지향됨으로써 이산화탄소가 공기로부터 제거된다. 기판(800)은 다음에 탄소 추출 영역(816)으로 움직여서, 공정 열이 기판에 지향되며, 탄소는 도 6 및 도 7 과 관련하여 위에 설명된 방식으로 기판으로부터 이탈되게 인출된다. 다음에, 기판(800)은 열 교환 영역(818)으로 그것을 통해 움직이는데, 그곳에서 기판의 온도는 낮춰진다 (예를 들면, 공기 추출 영역에 있는 기판을 통해 유동하는 공기에 의해서, 그리고 임의의 추가적인 냉각 장치에 의해서 낮춰지는데, 그 냉각 장치는 기판이 추출 영역(814)을 통해 뒤로 움직일 때 기판이 공기로부터 이산화탄소를 효과적으로 제거할 수 있는 레벨로 기판의 온도를 낮추는데 유용할 수 있다). 추가적으로, 도 8 의 시스템은 다른 탄소 추출 영역(816)을 가질 수 있는데, 그곳에서 공정 열은 기판에 지향되고 탄소는 도 6 및 도 7 과 관련하여 설명된 방식으로 기판으로부터 이탈되게 당겨진다.

[0065] 위에 설명된 본 발명의 모든 예에서, 공기로부터의 이산화탄소의 제거는 비 평형 조건하에서 적어도 부분적으로 수행될 수 있다. 더욱이, 대기로부터 이산화탄소를 추출하는데 대한 출원인의 바람직한 개념은 대기로부터 이산화탄소를 제거하는 매체(예를 들면, 아민)를 가지는 상대적으로 얇고 넓은 표면적의 기판을 이용하고 매체로부터 이산화탄소를 제거하는데 공정 열을 이용하는 것을 포함한다. 공기 유동의 방향에 직각인 상대적으로 넓은 영역의 기판을 이용하는 것이 특히 유용한데, 이는 (예를 들면, 굴뚝 개스에서 통상적으로 발견되는 상대적으로 높은 농도와는 반대로) 대기중에 있는 상대적으로 낮은 이산화탄소 농도 때문이다.

[0066] 본 발명은 위에 개략적으로 설명된 예시적인 구현예들과 관련하여 설명되었지만, 많은 대안의 예, 수정 예 및 변형 예들이 당업자에게 명백할 것이다. 따라서, 위에 설명된 바와 같은 본 발명의 예시적인 구현예들은 예시적인 것이며, 제한적인 것으로 의도된다. 본 발명의 사상 및 범위로부터 이탈됨이 없이 다양한 변형이 이루어질 수 있다.

### 산업상 이용 가능성

[0067] 본 발명의 재생 에너지 분야에서 이용될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0032] 본 발명의 다양한 예시적인 구현예들은 다음의 도면들을 참조하여 상세하게 설명될 것이다.

[0033] 도 1 은 본 발명의 예시적인 구현예에 따라서 대기로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 시스템의 일반화된 블록 다이아그램이다.

[0034] 도 2 는 본 발명의 예시적인 구현예에 따라서 대기로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 시스템의 블록 다이아그램이다.

[0035] 도 3 은 본 발명의 예시적인 구현예에 따른 공기 추출 시스템의 블록 다이아그램이다.

[0036] 도 4 는 본 발명의 예시적인 구현예에 따른 글로벌 씨모스탯을 나타내는 지도이다.

[0037] 도 5 는 본 발명의 예시적인 구현예에 따라서 대기로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 시스템의 블록 다이아그램이다.

[0038] 도 6 은 본 발명의 원리에 따라서, 대기로부터 이산화탄소를 제거하고 매체로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 매체의 일 예에 대한 개략적인 도면이다.

[0039] 도 7 은 본 발명의 원리에 따라서, 대기로부터 이산화탄소를 제거하고 매체로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 매체의 다른 예에 대한 개략적인 도면이다.

[0040] 도 8 은 본 발명의 원리에 따라서, 대기로부터 이산화탄소를 제거하고 매체로부터 이산화탄소를 제거하기 위한

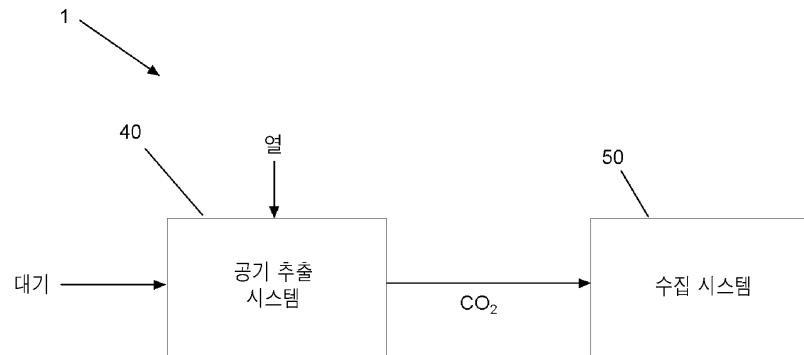
매체의 또 다른 예에 대한 개략적인 도면이다.

[0041]

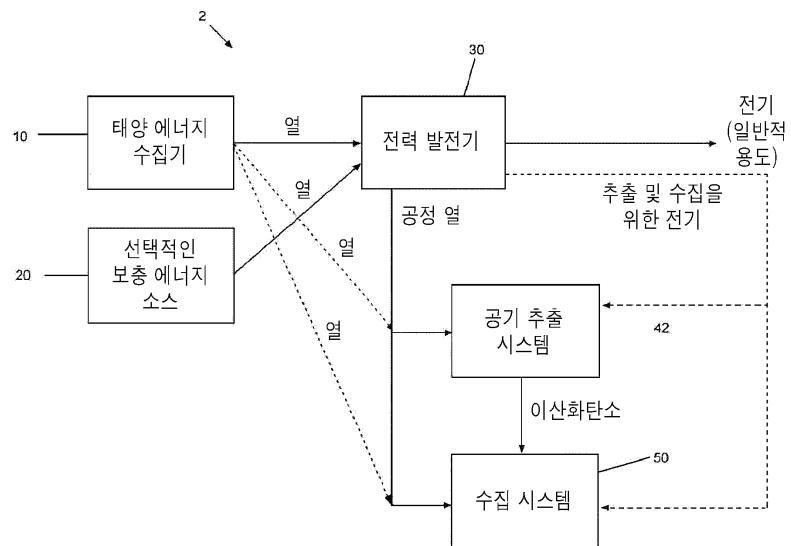
도 9은 본 발명의 원리에 따라서, 대기로부터 이산화탄소를 제거하고 매체로부터 이산화탄소를 제거하기 위한 매체의 또 다른 예에 대한 개략적인 도면이다.

## 도면

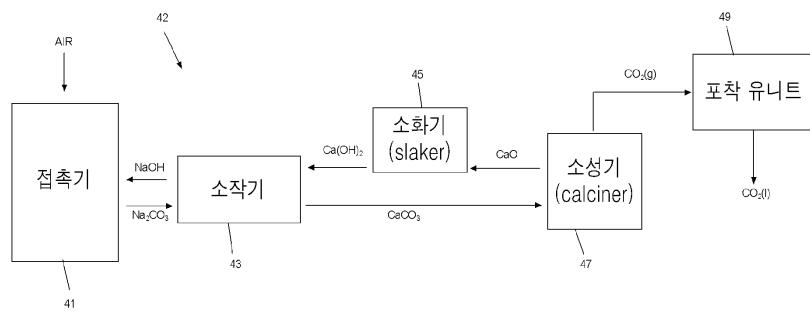
### 도면1



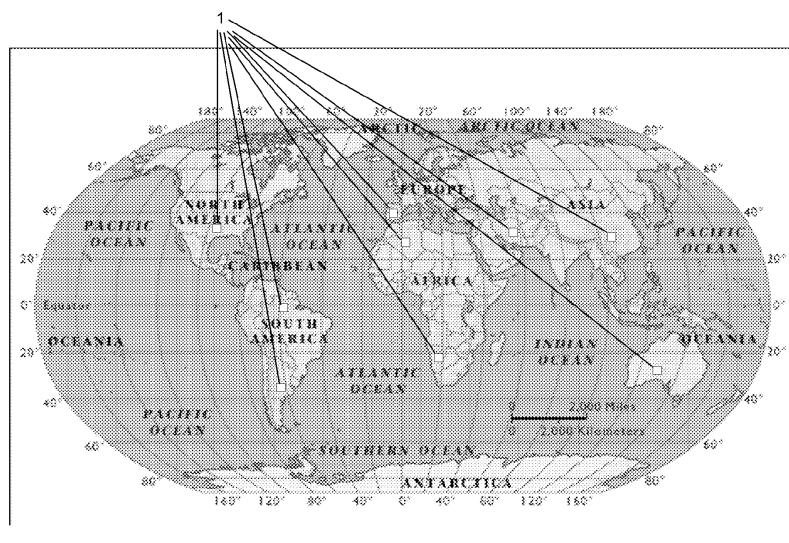
### 도면2



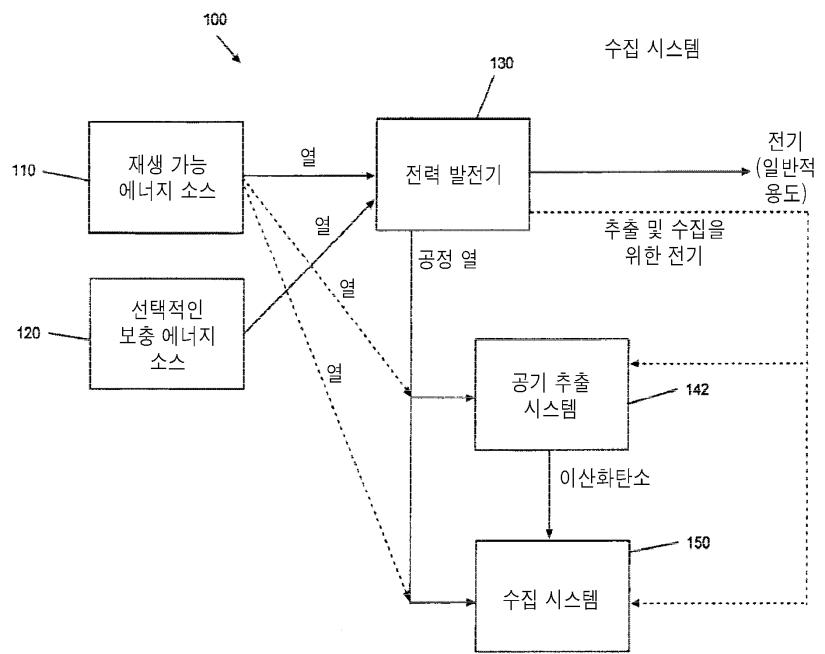
도면3



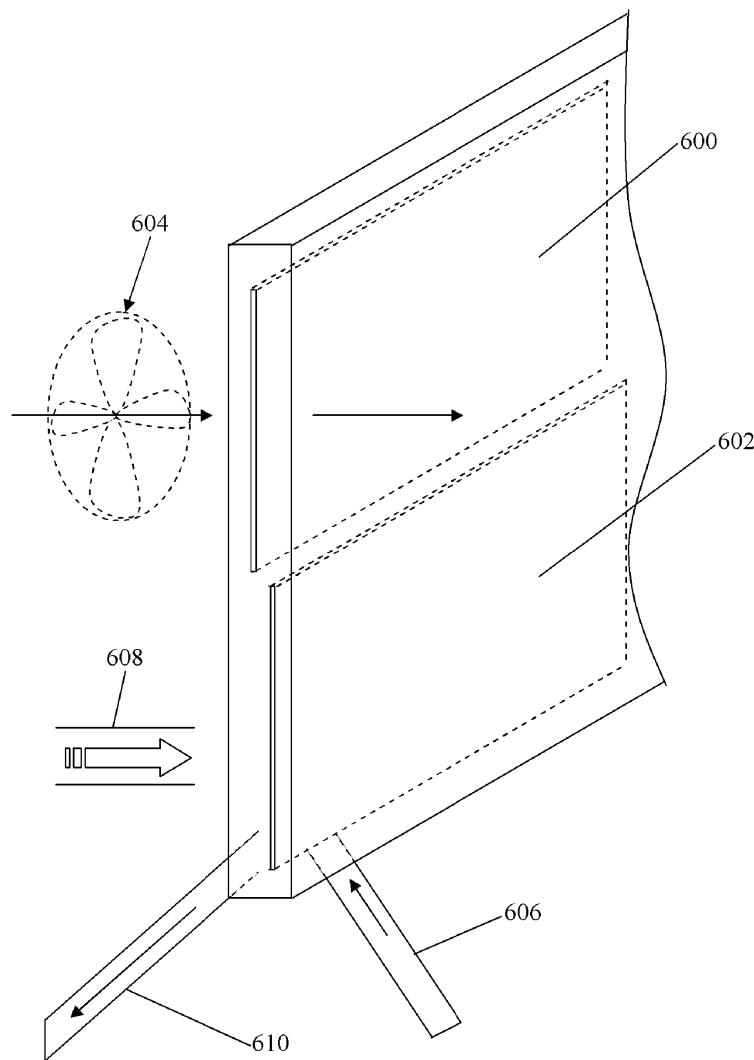
도면4



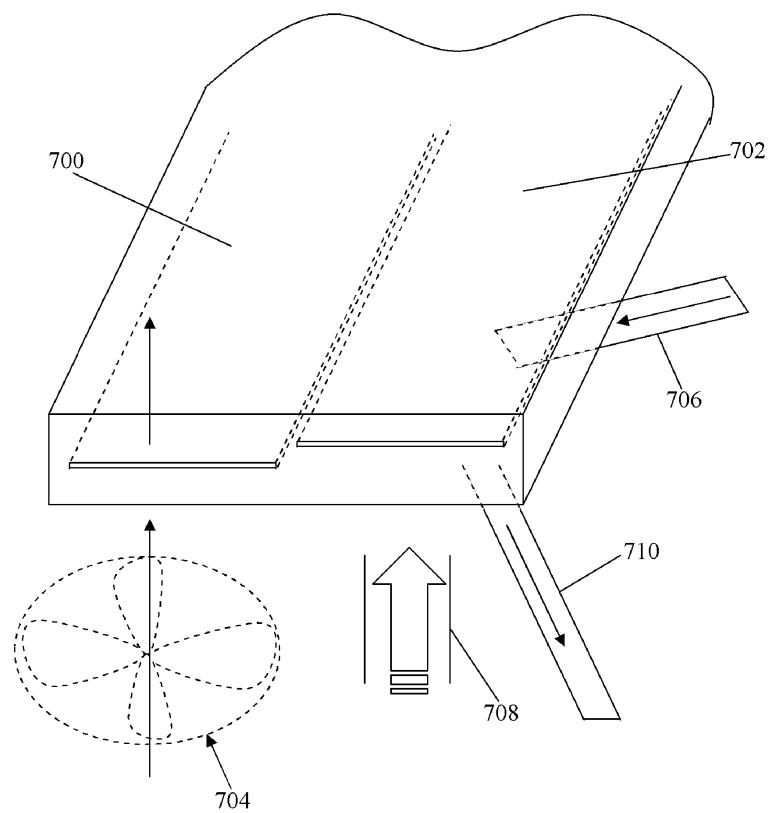
## 도면5



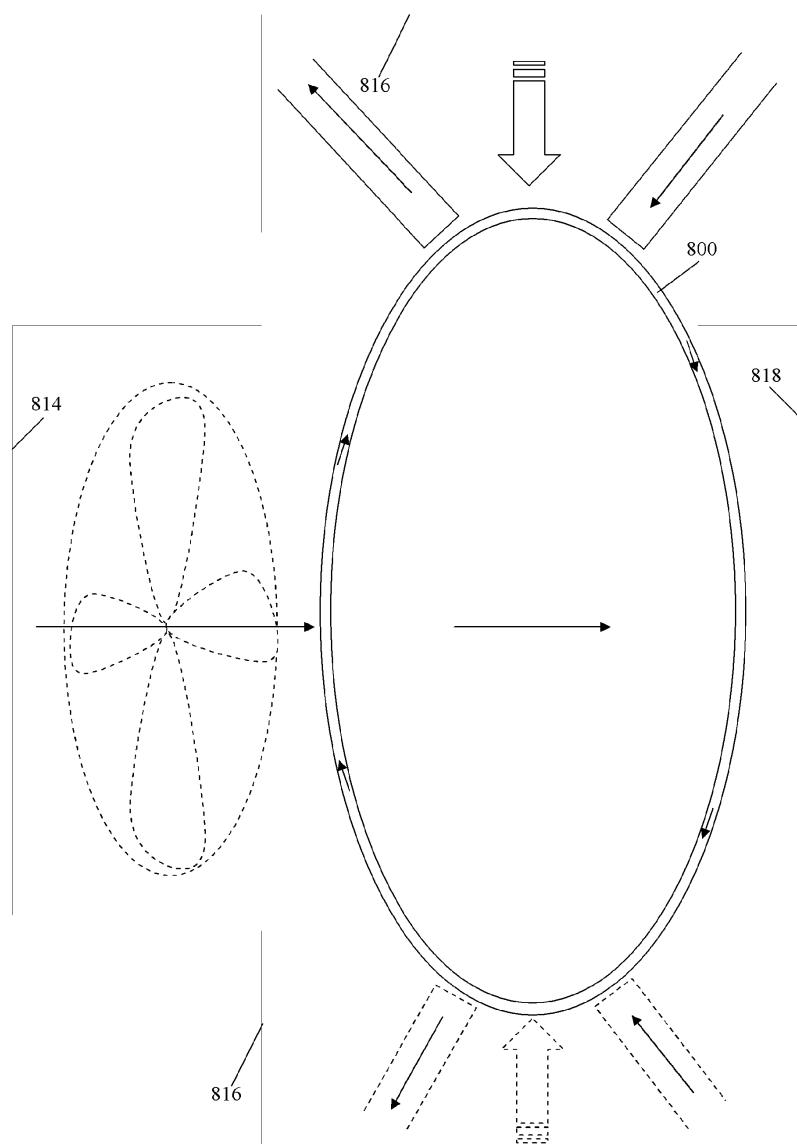
도면6



도면7



도면8



도면9

