



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0089176
(43) 공개일자 2022년06월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 53/62 (2006.01) C01B 32/50 (2017.01)
(52) CPC특허분류
B01D 53/62 (2013.01)
C01B 32/50 (2017.08)
(21) 출원번호 10-2020-0179568
(22) 출원일자 2020년12월21일
심사청구일자 2020년12월21일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
서용원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
최원중
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 18 항

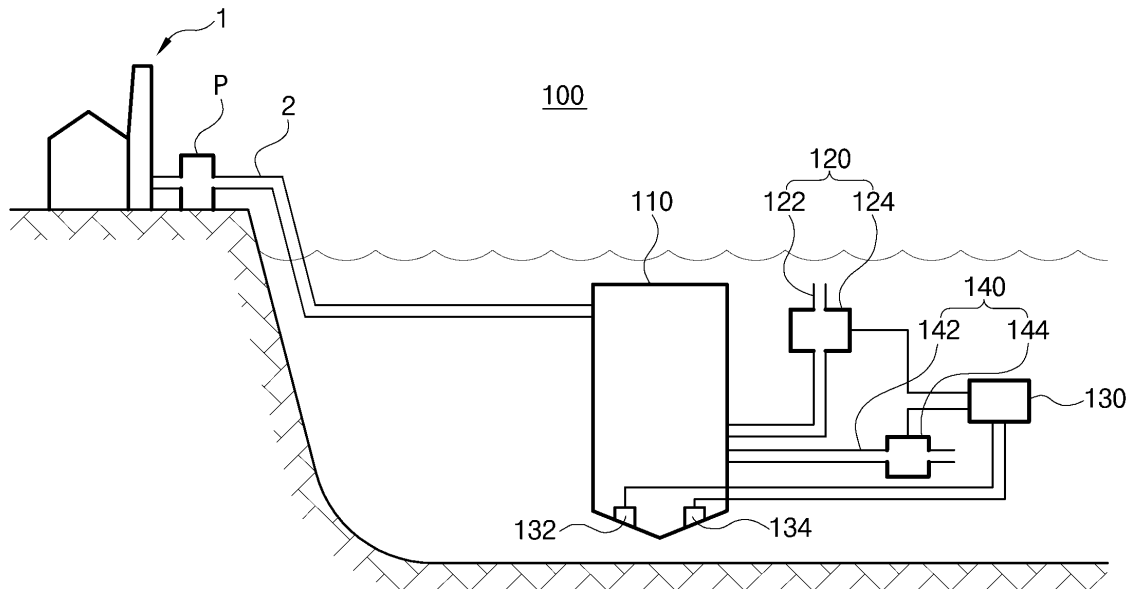
(54) 발명의 명칭 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치 및 저장 장치 그리고 이를 이용한 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법

(57) 요약

본 발명은, 기상의 이산화탄소를 이용하여 이산화탄소 하이드레이트를 생성하는 장치에 있어서, 해저에 배치되고, 액화된 이산화탄소를 저장하는 반응탱크; 상기 반응탱크 하부로, 상기 반응탱크 하부 주위의 해수보다 온도가 높은 온수를 공급하여 이산화탄소 하이드레이트를 생성하는 온수공급부를 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 생성장치를 제공한다.

본 발명의 해저의 수압과 수온을 이용하여 기상의 이산화탄소로 이산화탄소 하이드레이트를 생성한 후 해저 지층에 저장하므로, 사용되는 에너지가 절감되고, 이산화탄소 이동 과정에서의 누설이 방지된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

목정훈

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

고우진

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

윤소영

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

명세서

청구범위

청구항 1

기상의 이산화탄소를 이용하여 이산화탄소 하이드레이트를 생성하는 장치에 있어서,
해저에 배치되고, 액화된 이산화탄소를 저장하는 반응탱크;

상기 반응탱크 하부로, 상기 반응탱크 하부 주위의 해수보다 온도가 높은 온수를 공급하여 이산화탄소 하이드레이트를 생성하는 온수공급부를 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 생성장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 반응탱크는,

일정 길이와 직경을 갖는 통 형상으로, 일단은 해양 표층으로 배치되고, 타단은 해양 심층으로 배치되는 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 온수 공급부는,

일단은 상기 해양표층에 배치되고, 타단은 상기 반응탱크의 타단으로 연결되는 온수 공급 라인과,

상기 온수 공급 라인에 설치되어, 해양 표층의 해수를 상기 반응탱크로 공급하는 온수 공급 펌프를 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 이산화탄소 하이드레이트의 생성이 개시된 후, 상기 반응탱크로 냉수를 공급하는 냉수 공급부를 더 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 생성장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 냉수 공급부는,

일단은 상기 해양 심층으로 배치되고, 타단은 상기 반응탱크의 타단으로 연결되는 냉수 공급 라인과,

상기 냉수 공급 라인에 설치되어, 상기 해양 심층의 냉수를 상기 반응탱크로 공급하는 냉수 공급 펌프를 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 이산화탄소 하이드레이트 생성에 대응하여 상기 온수 공급부와 상기 냉수 공급부의 동작을 제어하는 제어부를 더 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 생성장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 반응탱크 내의 상기 온수의 염농도의 증가에 대응하여 상기 냉수 공급부를 제어하여 상기 해양 심층의 냉수가 추가로 공급되도록 하는 이산화탄소 하이드레이트 생성장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 반응 탱크 내의 상기 온수의 염농도를 측정하고, 해당하는 신호를 상기 제어부로 출력하는 농도 측정부를 더 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 생성장치.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 반응 탱크 내의 상기 이산화탄소 하이드레이트 생성량에 대응하여 상기 냉수 공급부를 제어하여 상기 해양 심층의 냉수가 추가로 공급되도록 하는 이산화탄소 하이드레이트 생성장치.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 이산화탄소 하이드레이트 생성량을 측정하고, 해당하는 신호를 상기 제어부로 출력하는 생성량 측정부를 더 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 생성장치.

청구항 11

제1항 내지 제10항에 기재된 상기 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치에서 생성된 상기 이산화탄소 하이드레이트를 해저 지층에 저장하는 장치로서,

일단은 상기 반응탱크의 하부로 연결되고, 타단은 상기 해저 지층으로 연결되어, 상기 이산화탄소 하이드레이트를 상기 해저 지층으로 배출하는 배출관을 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 저장 장치.

청구항 12

일정 길이를 갖는 통 형상의 반응 탱크를 배치하되, 일단은 해양 표층으로 배치하고, 타단은 해양 심층으로 배치하는 단계;

기상의 이산화탄소를 상기 반응 탱크로 공급하는 단계;

상기 반응 탱크 내의 상기 이산화탄소에 수압이 인가되도록 하여 액화 이산화탄소로 변환되도록 하는 단계;

상기 반응 탱크 하부로 온수를 공급하여 상기 액화 이산화탄소가 비등하며 이산화탄소 하이드레이트가 생성되도록 하는 단계;

상기 이산화탄소 하이드레이트를 상기 해저 지층으로 공급하는 단계를 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 반응 탱크로 공급되는 상기 온수는,

상기 반응 탱크 타단 주위의 온도보다 높은 수온을 갖는 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 온수는,
해양 표층수를 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법.

청구항 15

제12항에 있어서,
상기 이산화탄소 하이드레이트 생성 시 발생된 기상의 상기 이산화탄소는 다시 액화되는 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법.

청구항 16

제12항에 있어서,
상기 이산화탄소 하이드레이트 생성의 진행에 대응하여 상기 반응 탱크로 해양 심층의 냉수를 공급하는 단계를 더 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,
상기 냉수의 추가 공급은,
상기 반응탱크 내의 상기 온수의 염농도 증가에 대응하여 이루어지는 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법.

청구항 18

제16항에 있어서,
상기 냉수의 추가 공급은,
상기 반응탱크 내에서의 상기 이산화탄소 하이드레이트의 생성량에 대응하여 이루어지는 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 기상의 이산화탄소로 이산화탄소 하이드레이트를 생성한 후 해저 지층에 저장하는 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치 및 저장 장치 그리고 이를 이용한 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지구온난화 문제해결을 위해 온실가스 감축의무를 규정하는 교토의정서가 2005년에 발효된 후로 온실가스 배출 규제가 강화되고 있다.

[0003] 이에 따라 온실가스 저감을 위한 기술들이 다수 제안되고 있지만, 에너지 소비형 산업구조를 가진 국내 여건상 대체 에너지의 개발 및 에너지 효율 증대만으로는 중단기적 차원의 목표 감축량을 달성하는 것은 어려운 문제점이 있다.

[0004] 그 결과 이산화탄소 포집 및 저장(carbon capture and storage; CCS) 기술이 개발되고 있다. 이산화탄소 포집 및 저장 기술은 전세계 이산화탄소 감축량(32Gt)의 20 내지 28%를 감축하는 데 기여할 것으로 예상되고 있다.

[0005] 최근 주목받는 이산화탄소 저장 기술로는 이산화탄소 하이드레이트를 이용한 방법이 있다.

[0006] 이산화탄소 하이드레이트는 이산화탄소 분자가 약 10 bar 이상의 고압 및 약 10℃ 이하의 저온 환경에서 물 분자로 형성되는 동공(cavity) 내에 물리적으로 포집되어 생성되는 안정된 결정체이다. 수소 결합을 하는 주체 분자(host molecule)인 물 분자의 고상 격자(lattice) 내에 하이드레이트 형성자 또는 객체 분자(guest molecule)인 기체 분자가 포집되어 형성된다. 외관상 얼음과 비슷하지만 결정구조는 객체의 크기와 모양에 따라 크게 구조 I (46H₂O), 구조 II (136 H₂O), 구조H (34 H₂O) 세 가지 형태의 구조를 가지는 것으로 알려져 있다.

[0007] 하이드레이트 구조는 객체 분자를 굉장히 높은 밀도로 저장할 수 있는 것이 특징이다.(이산화탄소 하이드레이트

의 경우 1m^3 의 하이드레이트에 상온 상압의 약 180m^3 , 330kg의 이산화탄소 포획 가능). 따라서 이산화탄소 하이드레이트를 이용하여 대량의 이산화탄소를 저온환경의 해저 지층에 주입 및 저장하는 기술이 활용될 수 있다.

[0008] 여기서, 이산화탄소를 해저 지층에 저장하기 위해서는 이산화탄소를 하이드레이트화시키는 공정을 수행해야 한다. 이때, 이산화탄소를 해저 지층으로 공급한 후, 지층 상에서 물질 이동(mass transfer)에 의해 하이드레이트가 생성되므로, 이산화탄소의 이동 과정에서 이산화탄소가 누설되는 문제점이 있다.

[0009] 또한, 하이드레이트 형성 시 발생하는 열을 냉각하기 위해서는 별도의 냉각기를 필요로 하므로, 냉각기의 동작에 필요한 많은 에너지가 소모되는 문제점이 있다.

[0010] 본 발명에 대한 선행기술로는 공개특허 2013-0005608호를 예시할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 이산화탄소 하이드레이트 생성 반응이 이루어지는 반응탱크를 해저에 배치하여, 수압을 이용하여 기상의 이산화탄소를 액화시키고, 액화된 이산화탄소를 이산화탄소 하이드레이트로 생성시킴으로써 이산화탄소 하이드레이트 생성에 필요에 에너지가 절감될 수 있도록 하는 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 또한, 본 발명은 해저에 배치된 반응탱크에서 생성된 이산화탄소 하이드레이트를 해저 지층에 저장하므로, 이산화탄소 하이드레이트를 해저 지층까지 이동시키는 경로가 단축되고 이에 따라 이산화탄소 이동 과정에서 발생하는 이산화탄소의 누설이 방지되는 이산화탄소 하이드레이트 저장 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0013] 또한, 본 발명은 해저에 배치된 반응탱크에 기상의 이산화탄소를 공급한 후, 기상의 이산화탄소를 수압을 이용하여 액상화하고, 이를 이용하여 이산화탄소 하이드레이트를 생성한 후 해저 지층에 저장하는 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기한 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 기상의 이산화탄소를 이용하여 이산화탄소 하이드레이트를 생성하는 장치에 있어서, 해저에 배치되고, 액화된 이산화탄소를 저장하는 반응탱크; 상기 반응탱크 하부로, 상기 반응탱크 하부 주위의 해수보다 온도가 높은 온수를 공급하여 이산화탄소 하이드레이트를 생성하는 온수공급부를 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 생성장치를 제공한다.

[0015] 상기 반응탱크는, 일정 길이와 직경을 갖는 통 형상으로, 일단은 해양 표층으로 배치되고, 타단은 해양 심층으로 배치될 수 있다.

[0016] 상기 온수 공급부는, 일단은 상기 해양표층에 배치되고, 타단은 상기 반응탱크의 타단으로 연결되는 온수 공급라인과, 상기 온수공급라인에 설치되어, 해양 표층의 해수를 상기 반응탱크로 공급하는 온수 공급 펌프를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 이산화탄소 하이드레이트의 생성이 개시된 후, 상기 반응탱크로 냉수를 공급하는 냉수 공급부를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 냉수 공급부는, 일단은 상기 해양 심층으로 배치되고, 타단은 상기 반응탱크의 타단으로 연결되는 냉수 공급라인과, 상기 냉수 공급 라인에 설치되어, 상기 해양 심층의 냉수를 상기 반응탱크로 공급하는 냉수 공급 펌프를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 이산화탄소 하이드레이트 생성에 대응하여 상기 온수 공급부와 상기 냉수 공급부의 동작을 제어하는 제어부를 더 포함할 수 있다.

[0020] 상기 제어부는, 상기 반응 탱크 내의 상기 온수의 염농도의 증가에 대응하여 상기 냉수 공급부를 제어하여 상기 해양 심층의 냉수가 추가로 공급되도록 할 수 있다.

[0021] 상기 반응 탱크 내의 상기 온수의 염농도를 측정하고, 해당하는 신호를 상기 제어부로 출력하는 농도 측정부를 더 포함할 수 있다.

[0022] 상기 제어부는, 상기 반응 탱크 내의 상기 이산화탄소 하이드레이트 생성량에 대응하여 상기 냉수 공급부를 제

어하여 상기 해양 심층의 냉수가 추가로 공급되도록 할 수 있다.

- [0023] 상기 이산화탄소 하이드레이트 생성량을 측정하고, 해당하는 신호를 상기 제어부로 출력하는 생성량 측정부를 더 포함할 수 있다.
- [0024] 상기한 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 기재된 상기 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치에서 생성된 상기 이산화탄소 하이드레이트를 해저 지층에 저장하는 장치로서, 일단은 상기 반응탱크의 하부로 연결되고, 타단은 상기 해저 지층으로 연결되어, 상기 이산화탄소 하이드레이트를 상기 해저 지층으로 배출하는 배출관을 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 저장 장치를 제공한다.
- [0025] 상기한 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 일정 길이를 갖는 통 형상의 반응 탱크를 배치하되, 일단은 해양 표층으로 배치하고, 타단은 해양 심층으로 배치하는 단계; 기상의 이산화탄소를 상기 반응 탱크로 공급하는 단계; 상기 반응 탱크 내의 상기 이산화탄소에 수압이 인가되도록 하여 액화 이산화탄소로 변환되도록 하는 단계; 상기 반응 탱크 하부로 온수를 공급하여 상기 액화 이산화탄소가 비등하며 이산화탄소 하이드레이트가 생성되도록 하는 단계; 상기 이산화탄소 하이드레이트를 상기 해저 지층으로 공급하는 단계를 포함하는 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법을 제공한다.
- [0026] 상기 반응 탱크로 공급되는 상기 온수는, 상기 반응 탱크 타단 주위의 온도보다 낮은 수온을 가질 수 있다.
- [0027] 상기 온수는, 해양 표층수를 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 이산화탄소 하이드레이트 생성 시 발생된 기상의 상기 이산화탄소는 다시 액화될 수 있다.
- [0029] 상기 이산화탄소 하이드레이트 생성의 진행에 대응하여 상기 반응 탱크로 해양 심층의 냉수를 공급하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0030] 상기 냉수의 추가 공급은, 상기 반응탱크 내의 상기 온수의 염농도 증가에 대응하여 이루어질 수 있다.
- [0031] 상기 냉수의 추가 공급은, 상기 반응탱크 내에서의 상기 이산화탄소 하이드레이트의 생성량에 대응하여 이루어질 수 있다.

발명의 효과

- [0032] 상기와 같은 본 발명은, 이산화탄소 하이드레이트 생성 반응이 이루어지는 반응탱크를 해저에 배치하여, 수압을 이용하여 기상의 이산화탄소를 액화시키고, 액화된 이산화탄소를 이산화탄소 하이드레이트로 생성시킴으로써 이산화탄소 하이드레이트 생성 과정에서 필요로 하는 에너지가 절감되는 효과가 있다.
- [0033] 또한, 이산화탄소 하이드레이트 생성 시 발생된 열은 해수에 의해 냉각되므로 냉각에 필요한 에너지가 절감되는 효과가 있다.
- [0034] 또한, 본 발명은 해저에 배치된 반응탱크에서 생성된 이산화탄소 하이드레이트를 해저 지층에 저장하므로, 이산화탄소 하이드레이트를 해저 지층까지 이동시키는 경로가 단축되고 이에 따라 이산화탄소 이동 과정에서 발생하는 이산화탄소의 누설이 방지되는 효과가 있다.
- [0035] 또한, 본 발명은 해저에 배치된 반응탱크에서 액화 이산화탄소에 반응탱크 주위의 해수를 공급하여 액화 이산화탄소의 비등에 의해 이산화탄소 하이드레이트를 생성하므로, 교반기의 사용없이 이산화탄소 하이드레이트의 생성이 가능하게 하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.
- 도 2는 본 발명에서 따른 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 3 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치의 동작을 나타내는 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 하이드레이트 저장 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

- [0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0039] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치(100)는 반응탱크(110), 온수 공급부(120), 제어부(130) 및 냉수 공급부(140)를 포함한다.
- [0040] 도 2는 본 발명에서 따른 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법을 나타내는 순서도이다.
- [0041] 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법은 반응 탱크 배치 단계(ST110), 이산화탄소 공급 단계(ST120), 이산화탄소 액화 단계(ST130), 이산화탄소 하이드레이트 생성 단계(ST140), 냉수 공급 단계(ST150), 이산화탄소 하이드레이트 공급 단계(ST160)를 포함한다.
- [0042] 또한, 도 3 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치의 동작을 나타내는 도면이다.
- [0043] 도 1 내지 도 6을 참조하여, 본 발명에 따른 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치와 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법을 설명하기로 한다. 여기서, 이산화탄소 하이드레이트 저장 방법은 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치(100)에 대응하는 부분만을 설명하기로 한다.
- [0044] 반응탱크(110)는 외부에서 공급되는 기상의 이산화탄소를 액화시켜 액화 이산화탄소를 생성하고, 생성된 액화 이산화탄소를 저장한다.
- [0045] 반응탱크(110)는 소정의 길이와 직경을 갖는 원통 형상으로 이루어지고, 내측으로는 기상의 이산화탄소가 액상으로 변환되는 공간을 제공한다.
- [0046] 여기서, 반응탱크(110)의 직경은 사용자의 필요에 따라 소정값으로 설정된다. 그리고, 반응탱크(110)의 일단은 해양 표층으로 배치되고, 반응탱크(110)의 타단은 해양 심층으로 배치된다(ST110). 따라서, 반응탱크(110)의 길이는 100m 이상으로 이루어질 수 있다.
- [0047] 여기서, 반응탱크(110)의 타단은 테이퍼 형상으로 이루어지도록 하여, 후술하는 배출관(240) 연결 시, 이산화탄소 하이드레이트 배출이 용이하게 이루어지도록 한다.
- [0048] 반응탱크(110)의 배치가 완료된 후, 도 3에 도시되어 있는 바와 같이 반응탱크(110)의 내측 공간으로 기상의 이산화탄소를 공급한다(ST120).
- [0049] 여기서, 반응탱크(110) 내로 공급되는 이산화탄소는 제철소와 같이 대량의 연료를 사용하는 공장에서 배출되는 이산화탄소일 수 있다.
- [0050] 따라서, 반응탱크(110)는 제철소와 같이 대량의 연료를 사용하는 공장과 같은 이산화탄소 발생원(1)과 반응탱크(110)를 연결하는 공급관(2)으로 연결되고, 공급관(2) 상에는 이산화탄소의 유동을 용이하게 하기 위한 공급펌프(P)가 배치될 수 있다.
- [0051] 반응탱크(110) 내로 공급된 기상의 이산화탄소가 액화 이산화탄소로 변환되도록 한다(ST130).
- [0052] 이산화탄소의 액화에 대해 살펴보기로 한다.
- [0053] 우선, 해양 표층에서 해양 심층으로 갈수록 수온은 점차 낮아지고, 압력은 점차 상승한다. 따라서, 반응탱크(110)는 해양 심층의 수압이 반응탱크(110)에 저장된 기상의 이산화탄소에 인가되도록 하여 반응탱크(110)로 공급된 기상의 이산화탄소의 액화가 이루어져, 액화 이산화탄소가 생성되어 배출될 수 있다. 이때, 해양 심층의 수온으로 반응탱크(110) 내의 기상 이산화탄소의 온도를 낮추어 액화 이산화탄소의 생성이 보다 용이하게 이루어질 수 있다.
- [0054] 또한, 반응탱크(110)는 이산화탄소의 액화를 용이하게 하기 위해 이산화탄소를 냉각시키는 소정의 냉각 수단을 추가로 포함할 수 있다.
- [0055] 액화 이산화탄소는 도 4에 도시되어 있는 바와 같이 반응탱크(110) 내측 하부로 모이며 저장된다.
- [0056] 여기서, 액화 이산화탄소 생성 온도 조건과 압력 조건은 널리 알려진 기술이므로 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0057] 온수 공급부(120)는 반응탱크(110)의 하부로 온수를 공급하여, 반응탱크(110) 내측 하부부에 저장되어 있는 액화 이산화탄소에서 이산화탄소 하이드레이트가 생성되도록 한다(ST140).

- [0058] 도 5를 참조하여, 이산화탄소 하이드레이트의 생성에 대해 설명하기로 한다.
- [0059] 여기서, 반응탱크(110)로 공급되는 온수의 온도는 반응탱크(110)의 타단이 배치되는 해저 심층의 온도보다 높은 것이 바람직하다.
- [0060] 온수 공급부(120)는 해양 표층부의 해수 즉, 반응탱크(110)의 타단이 배치되는 해저 심층의 온도보다 상대적으로 높은 온도를 갖는 표층부의 해수를 반응탱크(110)로 공급하면, 별도의 가열 수단을 사용하지 않고도 소정 온도의 온수를 사용할 수 있어, 이산화탄소 하이드레이트의 생성에 소요되는 에너지가 절감되는 효과를 갖는다.
- [0061] 온수 공급부(120)는 온수 공급 라인(122)과 온수 공급 펌프(124)를 포함한다.
- [0062] 온수 공급 라인(122)의 일단은 해수 표층으로 배치되고, 타단은 반응탱크(110)의 타단으로 연결된다.
- [0063] 온수 공급 펌프(124)는 온수 공급 라인(122) 상에 배치된다. 온수 공급 펌프(124)는 해수 표층의 해수가 온수 공급 라인(122)으로 유입되도록 소정 압력으로 펌핑(pumping)한다. 따라서, 온수 공급 라인(122)으로 유입된 해수 표층의 해수는 온수 공급 라인(122)을 통해 반응탱크(110)의 하부로 공급될 수 있다.
- [0064] 온수가 공급된 후 반응탱크(110) 내부에서의 반응에 대해 살펴보기로 한다.
- [0065] 반응탱크(110)가 제공하는 공간에 저장되어 있는 액화 이산화탄소에 대하여 온수 공급부(120)가 공급하는 해양 표층의 해수가 접하면, 액화 이산화탄소는 해수의 온도에 의해 비등(boiling)하고, 비등하는 이산화탄소에 의해 이산화탄소와 해수가 교반되며 이산화탄소 하이드레이트(hydrate)가 생성된다.
- [0066] 여기서, 비등에 의해 이산화탄소와 해수가 교반되므로, 별도의 교반기를 사용하지 않고, 이에 따라 교반기의 설치와 동작에 필요한 비용과 에너지가 절감된다.
- [0067] 액화 이산화탄소를 비등시켜, 이산화탄소 하이드레이트가 생성되도록 하는 공정은 널리 알려진 공지의 기술이므로, 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0068] 이산화탄소 하이드레이트 생성 시, 소정의 열이 발생된다. 이 경우, 발생하는 열은 하이드레이트 반응탱크(110) 주위의 해수에 의해 방열될 수 있다.
- [0069] 한편, 액화 이산화탄소가 비등하는 과정에서 액화 이산화탄소의 일부는 기상으로 변환되어 반응탱크(110)의 상부로 이동하지만, 반응탱크(110) 내부의 압력에 의해 다시 액화된 후 반응탱크(110) 하부로 하강하고, 이후 다시 이산화탄소 하이드레이트 생성에 사용된다.
- [0070] 이산화탄소 하이드레이트 생성 시, 해수에 포함되는 있는 H_2O 만이 액화 이산화탄소와 반응하며 하이드레이트가 생성되도록 하므로, 이산화탄소 하이드레이트의 생성이 진행함에 따라 반응탱크 내부의 해수의 염농도가 증가한다.
- [0071] 이산화탄소 하이드레이트 생성 시, 염수 농도의 증가는 액화 이산화탄소와 반응하는 H_2O 의 양이 감소함을 나타내고, H_2O 의 양 감소에 따라 이산화탄소 하이드레이트 생성 속도가 감소하며, 이산화탄소 하이드레이트 안정도도 감소된다. 또한, 이산화탄소 하이드레이트 생성이 계속 진행됨에 따라 염수의 농도는 계속 증가하고, 최종적으로는 하이드레이트 생성이 정지된다.
- [0072] 이를 방지하고, 반응탱크(110) 내부에서의 이산화탄소 하이드레이트 생성이 안정적으로 유지되도록 하기 위해, 냉수 공급부(140)를 통해 반응탱크(110)에 대하여 냉수가 공급된다(ST150).
- [0073] 도 6을 참조하여, 냉수의 공급에 대해 설명하기로 한다.
- [0074] 그리고, 냉수 공급부(140)를 통한 냉수의 공급을 제어하기 위해 제어부(130)가 사용된다.
- [0075] 냉수 공급부(140)는 해양 심층부의 해수 즉, 반응탱크(110)의 타단이 배치되는 해저 심층의 해수를 반응탱크(110)로 공급하여, 이산화탄소 하이드레이트의 생성에 필요한 염수의 농도를 유지한다. 또한, 공급되는 냉수에 의해 이산화탄소 하이드레이트 생성 시, 열 발생에 의한 온도의 상승을 방지한다.
- [0076] 냉수 공급 라인(142)과 냉수 공급 펌프(144)를 포함한다.
- [0077] 냉수 공급 라인(142)의 일단은 해수 심층으로 배치되고, 타단은 반응탱크(110)의 타단으로 연결된다.
- [0078] 냉수 공급 펌프(144)는 냉수 공급 라인(142) 상에 배치된다. 냉수 공급 펌프(144)는 해수 심층의 해수가 냉수

공급 라인(142)으로 유입되도록 소정 압력으로 펌핑(pumping)한다. 따라서, 냉수 공급 라인(142)으로 유입된 해수 심층의 해수는 냉수 공급 라인(142)을 통해 반응탱크(110)의 하부로 공급될 수 있다.

- [0079] 제어부(130)는 다음과 같이 해수 공급을 제어한다.
- [0080] 우선, 반응탱크(110) 내에는 해수의 염농도를 측정하여 해당하는 신호를 제어부(130)로 출력하는 농도 측정기(132)가 배치된다.
- [0081] 농도 측정기(132)는 반응탱크(110) 내에서 이산화탄소 하이드레이트 생성이 개시되면 반응탱크(110) 내의 해수 염농도를 연속적으로 측정하고, 측정된 값에 해당하는 신호를 제어부(130)로 출력한다.
- [0082] 제어부(130)는 농도 측정기(132)에서 출력되는 신호에 의해 반응탱크(110) 내의 해수의 염농도가 증가한 것으로 판단되면, 냉수를 추가로 공급하여 플러싱(flushing)이 이루어지도록 냉수 공급부(140)를 제어한다.
- [0083] 여기서, 냉수의 추가 공급은 다음과 같이 이루어질 수도 있다.
- [0084] 반응탱크(110) 내에는 이산화탄소 하이드레이트 생성량을 측정하고, 해당하는 신호를 제어부(130)로 출력하는 하이드레이트 생성량 측정기(134)가 배치된다. 하이드레이트 생성량 측정기(134)는 이산화탄소 하이드레이트의 생성량을 측정한 후, 생성량에 대한 신호를 제어부(130)로 출력한다. 여기서, 이산화탄소 하이드레이트의 생성량은 사용자의 필요에 따라 부피 또는 무게를 기준으로 이루어질 수 있다.
- [0085] 제어부(130)는 이산화탄소 하이드레이트가 소정량 생산되면, 이산화탄소 하이드레이트 생산에 따라 소정량의 H₂O가 사용된 것으로 판단하여, 사용된 H₂O에 대응하는 냉수 공급량이 증가되어 플러싱(flushing)이 이루어지도록 냉수 공급부(140)의 동작을 제어한다.
- [0086] 여기서, 사용자의 필요에 따라 농도 측정기(132)와 하이드레이트 생성량 측정기(134)는 반응탱크(110)에 함께 배치될 수도 있지만, 별도로 배치될 수도 있다.
- [0087] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 하이드레이트 저장 장치의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0088] 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 하이드레이트 저장 장치(200)는 반응탱크(110)에서 생성된 이산화탄소 하이드레이트를 해저 지층에 저장함을 알 수 있다.
- [0089] 본 발명의 일 실시예에 따른 이산화탄소 하이드레이트 저장 장치(200)는 반응탱크(110), 온수 공급부(120), 제어부(130), 냉수 공급부(140), 배출관(240)을 포함한다.
- [0090] 도 7을 참조하여, 이산화탄소 하이드레이트를 해저 지층에 저장하는 방법에 대해 설명하기로 한다.
- [0091] 여기서, 이전의 실시예와 동일한 부분에 대해서는 상세한 설명을 생략하고, 차이가 있는 부분에 대해서만 설명하기로 한다.
- [0092] 반응 탱크(110) 내부에서 이산화탄소 하이드레이트의 생성이 일정량으로 이루어지면, 생성된 이산화탄소 하이드레이트는 해저 지층에 저장된다(ST160).
- [0093] 여기서, 이산화탄소 하이드레이트가 저장되는 해저 지층은 석유와 같은 광물의 채굴에 의해 형성된 해저의 공동 또는 자연적으로 형성된 해저 공동일 수 있다.
- [0094] 이산화탄소 하이드레이트의 저장을 위해 배출관(240)이 사용된다.
- [0095] 배출관(240)은 일단은 반응탱크(110) 하부와 연결되고, 타단은 이산화탄소 하이드레이트가 저장되는 해저 지층으로 연결된다.
- [0096] 이산화탄소 하이드레이트의 밀도는 염수의 밀도보다 높아, 생성된 이산화탄소 하이드레이트는 반응탱크(110) 하부로 침강하고, 침강된 이산화탄소 하이드레이트는 배출관(240)을 통해 해저 지층으로 배출되어 저장될 수 있다.
- [0097] 여기서, 이산화탄소 하이드레이트가 해저 지층으로 배출될 때, 반응탱크(110) 내부에서 이산화탄소 하이드레이트 생성에 사용된 온수도 별도의 배수관을 통해 반응탱크(110) 외부로 배출될 수 있다.
- [0098] 상기와 같이 구성된 본 발명은, 이산화탄소 하이드레이트 생성 반응이 이루어지는 반응탱크를 해저에 배치하여, 수압을 이용하여 기상의 이산화탄소를 액화시키고, 액화된 이산화탄소를 이산화탄소 하이드레이트로 생성시킴으로써 이산화탄소 하이드레이트 생성 과정에서 필요로 하는 에너지가 절감되고, 이산화탄소 하이드레이트 생성

시 발생된 열은 해수에 의해 냉각되므로 냉각에 필요한 에너지가 절감되는 효과가 있다.

[0099] 또한, 본 발명은 해저에 배치된 반응탱크에서 생성된 이산화탄소 하이드레이트를 해저 지층에 저장하므로, 이산화탄소 하이드레이트를 해저 지층까지 이동시키는 경로가 단축되고 이에 따라 이산화탄소 이동 과정에서 발생하는 이산화탄소의 누설이 방지된다. 또한, 본 발명은 해저에 배치된 반응탱크에서 액화 이산화탄소에 반응탱크 주위의 해수를 공급하여 액화 이산화탄소의 비등에 의해 이산화탄소 하이드레이트를 생성하므로, 교반기의 사용 없이 이산화탄소 하이드레이트의 생성이 가능하다.

[0100] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0101] 100: 이산화탄소 하이드레이트 생성 장치

110: 반응탱크

120: 온수 공급부

130: 제어부

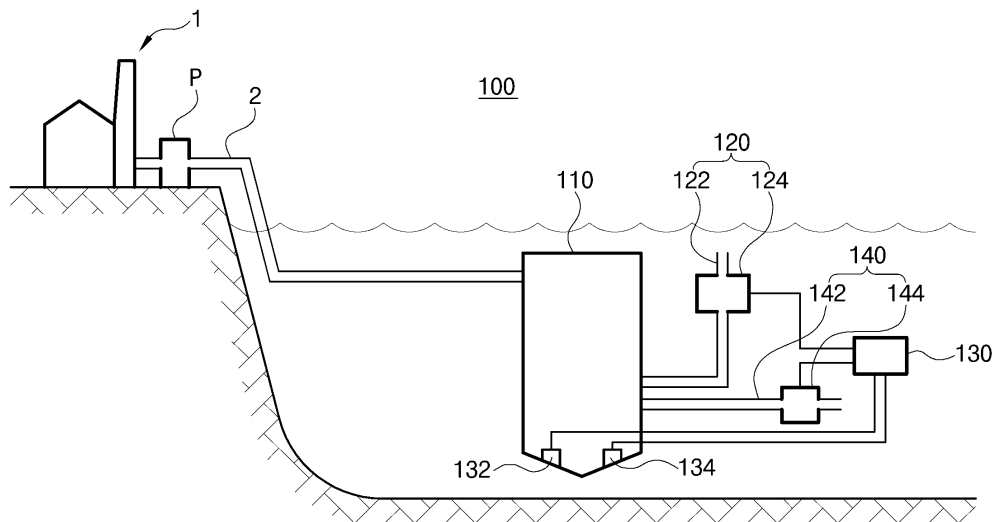
140: 냉수 공급부

200: 이산화탄소 하이드레이트 저장 장치

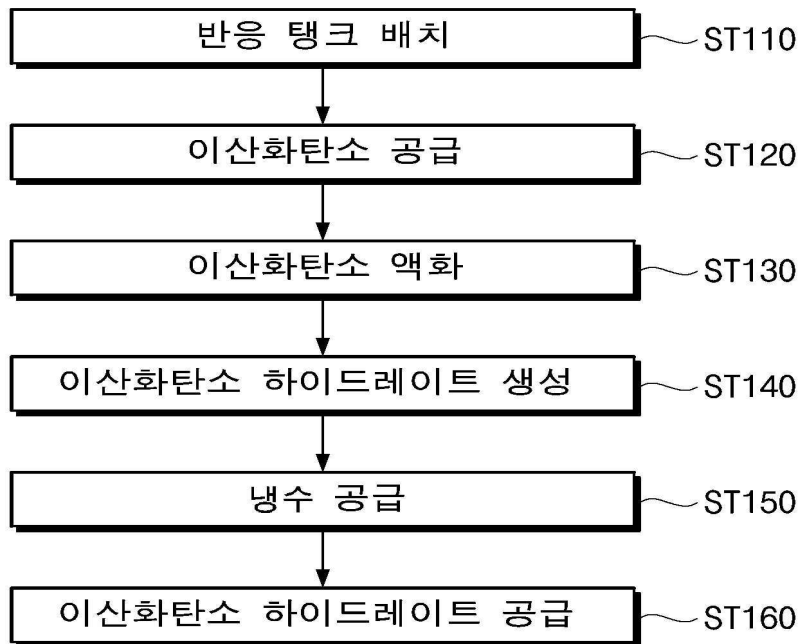
240: 배출관

도면

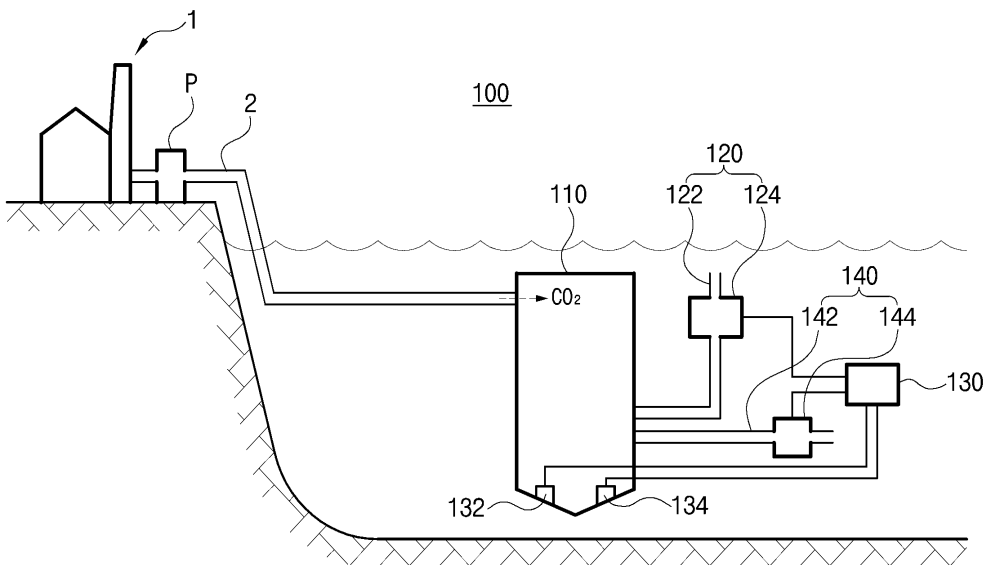
도면1



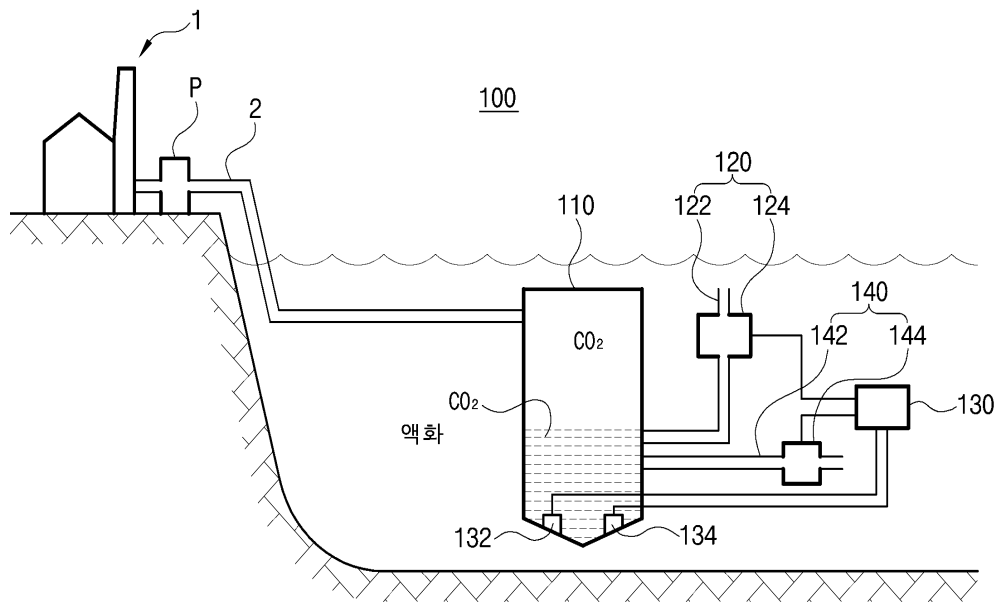
도면2



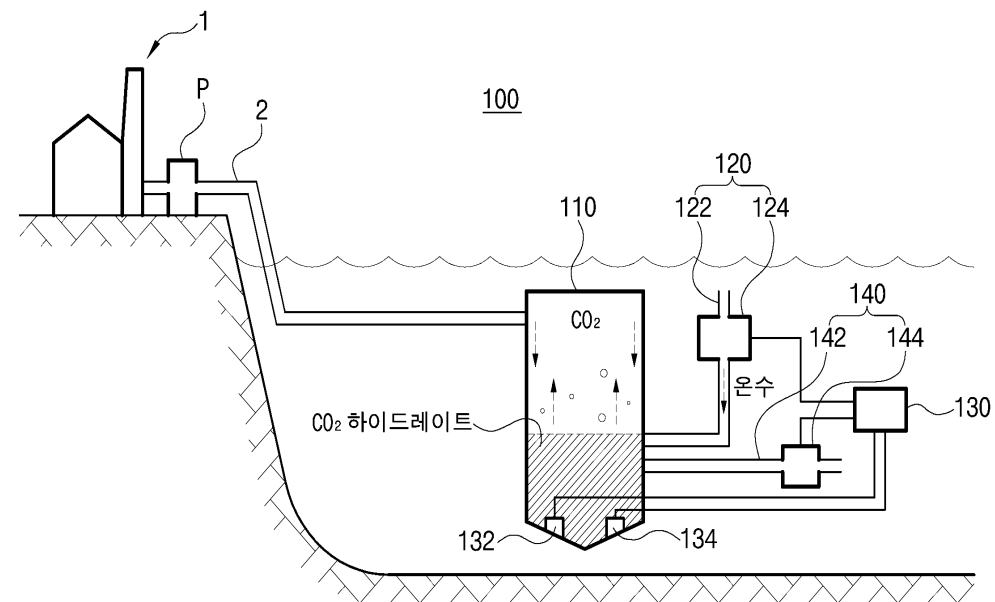
도면3



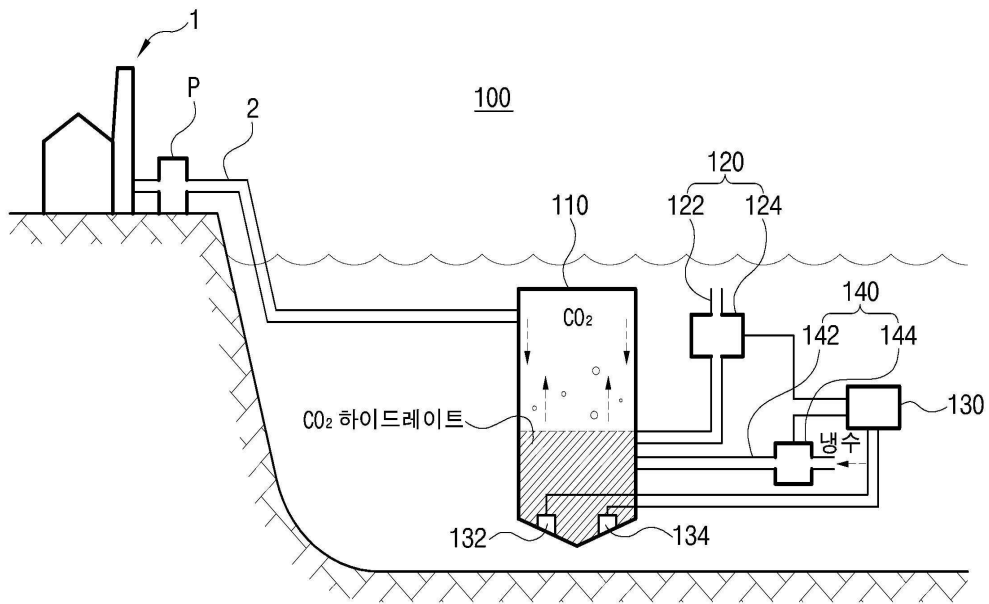
도면4



도면5



도면6



도면7

