(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년12월05일
(11) 등록번호 10-2474895
(24) 등록일자 2022년12월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F25B 17/00 (2022.01) *B01D 53/14* (2006.01)
C10L 3/10 (2006.01) *F24F 5/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
F25B 17/00 (2022.01)
B01D 53/1425 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0070981
(22) 출원일자 2021년06월01일
심사청구일자 2021년06월01일
(56) 선행기술조사문헌
KR101637117 B1*
KR1020100106722 A*
JP2016223064 A
JP2005179629 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
강용태
서울특별시 서초구 서운로 221, 101동 1004호 (래미안서초스위트아파트)
박정준
경기도 성남시 분당구 판교로 519, 715동 1001호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
백두진, 김정연, 권성현, 유광철, 강일신

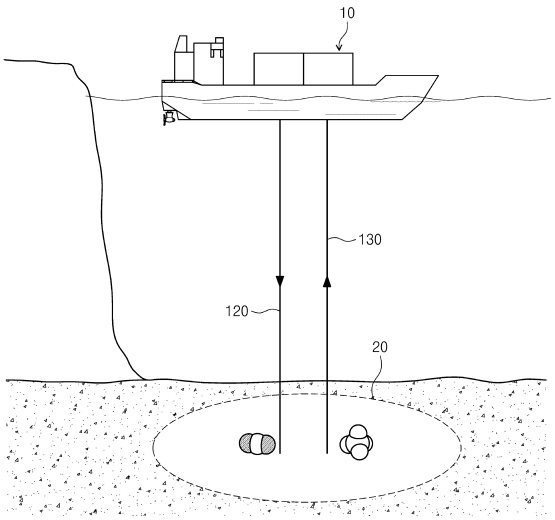
전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 유태영

(54) 발명의 명칭 **가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 따른 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템은 해저 퇴적물에 부존하는 CH_4 하이드레이트 퇴적층에 이산화탄소를 주입하여 메탄-이산화탄소 치환 반응을 유도하고, 메탄 가스와 이산화탄소를 포함하는 혼합 가스를 포집하는 포집부; 포집된 혼합 가스 중 이산화탄소를 흡수제에 용해시켜 CO_2 하이드레이트 슬러리의 생성 반응을 유도하고, 메탄 가스를 분리 저장하는 분리부; 및 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리로부터 이산화탄소를 해리시켜 외부 대상물과 열교환시키는 해리부;를 포함하는 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B01D 53/1475 (2013.01)
C10L 3/104 (2013.01)
C10L 3/108 (2013.01)
F24F 5/0014 (2013.01)
F24F 5/0017 (2013.01)
F28D 20/00 (2018.05)

(72) 발명자
박준호
서울특별시 성북구 고려대로7다길 38, 201호
이재원
서울특별시 동대문구 왕산로 52, 101동 607호
김성곤
서울특별시 동작구 남부순환로255바길 4, 401호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711108690
과제번호	2019R1A2B5B03069991
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	나노에멀젼 흡수제를 이용한 CO2 흡수/재생 성능 촉진 및 연료화 기술
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

해저 퇴적물에 부존하는 CH4 하이드레이트 퇴적층에 이산화탄소를 주입하여 메탄-이산화탄소 치환 반응을 유도하고, 메탄 가스와 이산화탄소를 포함하는 혼합 가스를 포집하는 포집부;

포집된 혼합 가스 중 이산화탄소를 흡수제에 용해시켜 CO2 하이드레이트 슬러리의 생성 반응을 유도하고, 메탄 가스를 분리 저장하는 분리부; 및

생성된 CO2 하이드레이트 슬러리로부터 이산화탄소를 해리시켜 외부 대상물과 열교환시키는 해리부를 포함하고,

상기 포집부는:

고체, 액체 및 기체 중 선택되는 어느 하나의 형태를 가진 이산화탄소를 저장하는 제 1 이산화탄소 저장부;

상기 제 1 이산화탄소 저장부와 연결되어 기 설정된 주입 조건으로 기체 상태의 이산화탄소를 상기 CH4 하이드레이트 퇴적층으로 주입하는 이산화탄소 주입부; 및

상기 CH4 하이드레이트 퇴적층으로부터 상기 메탄-이산화탄소 치환 반응을 통해 발생하는 메탄 가스와 미 반응된 이산화탄소를 흡입하는 이산화탄소 흡입부; 및

상기 이산화탄소 흡입부로부터 흡입된 메탄 가스와 이산화탄소로 이루어진 혼합 가스를 저장하는 혼합 가스 저장부를 포함하고,

상기 기 설정된 주입 조건은 기체 상태의 이산화탄소를 0 내지 1℃의 온도 범위를 유지하면서 25 내지 35 기압 범위에서 주입하는 조건인 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 기 설정된 조건은,

상기 CH_4 하이드레이트 구조체의 상평형 곡선보다 하측 영역에 위치하고, 상기 CO_2 하이드레이트 구조체의 상평형 곡선보다 상측 영역에 위치하는 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 분리부는,

상기 CO_2 하이드레이트 슬러리의 생성 반응을 통해 CO_2 하이드레이트 슬러리를 생성함으로써, 상기 혼합 가스 중 메탄 가스를 분리하는 생성 챔버;

상기 흡수제를 저장하는 흡수제 저장부;

상기 혼합 가스 저장부 및 상기 흡수제 저장부 각각에 연결되며, 저장된혼합 가스와 저장된 흡수제를 상기 생성 챔버로 공급하는 레귤레이터부;

상기 생성 챔버와 결합되며, 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리의 생성 시간을 단축시키기 위해 공급된 혼합 가스 및 흡수제를 교반하는 스크래퍼부;

상기 생성 챔버의 내부 온도가 소정의 온도로 유지되도록 하는 항온부;

상기 생성 챔버에서 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리를 상기 해리부로 공급하는 펌프부; 및

상기 생성 챔버에서 분리된 메탄 가스를 저장하는 메탄 가스 저장부;를 포함하는 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 흡수제는,

상기 CO_2 하이드레이트 슬러리가 생성되기 위한 활성화 에너지를 낮추는 열역학적 촉진제와 물로 이루어지고,

상기 열역학적 촉진제는,

상기 흡수제의 전체 몰 함량 대비 2 내지 4 mol% 함유되는 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 레귤레이터부는 상기 생성 챔버로 기체 상태의 혼합 가스를 4 내지 6 기압 범위로 공급하고,

상기 항온부는 상기 생성 챔버의 내부 온도가 2 내지 4℃의 온도 범위를 유지하도록 하는 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 해리부는,

상기 펌프부로부터 공급받은 CO_2 하이드레이트 슬러리의 해리 반응을 통해 외부 대상물이 냉각되도록 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리와 상기 외부 대상물 사이의 열교환이 이루어지는 해리 챔버;

상기 해리 챔버의 내부 공간으로 외부 대상물을 공급하고, 상기 해리 챔버에서 열교환을 통해 냉각된 외부대상물이 방출되는 냉열 수송라인;

상기 해리 챔버에서 해리된 CO_2 하이드레이트 슬러리로부터 미 반응된 이산화탄소와 흡수제를 분리하는 흡수제 회수부; 및

상기 해리 챔버에서 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리의 해리 반응을 통해 해리된 이산화탄소를 저장하는 제 2 이산화탄소 저장부;를 포함하는 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 지구 온난화 방지를 위한 온실가스의 감축 분위기과 함께 국제 에너지 기구에서 CO_2의 포집 및 저장 기술이 효과적으로 구현되면 2060년까지 모든 산업에서 발생하는 CO_2 배출량을 최대 49% 감소에 기여할 수 있다고 발표하였다.

[0003] 이는, 미래 친환경 에너지 자원의 확보가 필연적임을 의미하며, 국내에서는 CO_2 감축과 함께 국내 동해 해역 내 존재하는 비전통 에너지 자원인 가스 하이드레이트의 연료화 기술의 중요성이 관심받고 있다.

[0004] 상기한 가스 하이드레이트는 비화학량론적 화합물로 상대적으로 저온 고압에서 생성되는 고체 물질이며, 기체 분자가 물 분자가 생성하는 케이지 내에 포집되는 구조를 가진다. 또한, 상기한 가스 하이드레이트는 화학적인 전환 없이 물리적인 조건에서 생성되는 특징을 가짐에 따라, 주변 열역학적 조건에 의해 생성되거나 해리될 수 있다. 더하여, 열역학적 촉진제를 활용하는 경우 과도한 가스 하이드레이트 생성압력 및 온도조건을 완화시킬 수 있다.

[0005] 한편, 가스 하이드레이트 중 가장 대표적인 CH_4 하이드레이트는 깊은 해저 퇴적물에서 메탄가스가 해수면으로 올라오는 도중에 차가운 물과 만나 얼면서 메탄 가스가 얼음 안에 갇히는 과정을 통해 형성되며, 그 총 매장량은 석탄, 원유, 가스를 모두 합한 것의 2배 이상으로 추정되고 있다.

[0006] 이에 따라, 종래의 기술자들은 CH_4 하이드레이트로부터 에너지원인 메탄을 추출하고, 이를 실생활에서 유용하게 사용하기 위해 다양한 방식으로 메탄을 해리할 수 있는 연구를 진행하였으나, 상기 CH_4 하이드레이트 구조의 대부분을 차지하는 메탄이 일방적으로 해리되어 방출됨에 따라 해저 퇴적물 구조의 붕괴로 인한 지반침하 등의 지질학적인 문제가 발생되었다.

[0007] 또한, 해저 퇴적물의 구조 붕괴를 방지하기 위해 이산화탄소 주입법을 이용하여, CH_4 하이드레이트의 메탄과 이산화탄소를 치환하는 방식이 제안되었으나, 치환이 이루어진 후 포집된 가스는 메탄가스와 기체 이산화탄소를 모두 포함하는 혼합 가스이므로, 순수한 메탄 가스를 에너지원으로 사용하기 위해서는 별도의 분리 공정이 필요하며, 이에 따른 추가적인 비용이 발생하는 한계점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 실시예들은 상기와 같은 문제를 해결하기 위해 제안된 것으로, 연소 후 발생하는 이산화탄소를 CH_4 하이드레이트의 메탄과 치환하여 CO_2 하이드레이트를 형성하도록 함으로써 해저 퇴적물의 구조적 안정성을 확보하면서 메탄 가스를 포집할 수 있고, 동시에 이산화탄소를 매장할 수 있는 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템을 제공하고자 한다.

[0009] 또한, 치환 후 메탄 가스와 이산화탄소를 포함하는 혼합 가스 중 CO_2 하이드레이트 슬러리의 생성 반응을 통해 메탄 가스를 선택적으로 분리하고, 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리의 해리 반응을 통해 냉방 시스템을 구축할 수 있는 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템은 해저 퇴적물에 부존하는 CH_4 하이드레이트 퇴적층에 이산화탄소를 주입하여 메탄-이산화탄소 치환 반응을 유도하고, 메탄 가스와 이산화탄소를 포함하는 혼합 가스를 포집하는 포집부; 포집된 혼합 가스 중 이산화탄소를 흡수제에 용해시켜 CO_2 하이드레이트 슬러리의 생성 반응을 유도하고, 메탄 가스를 분리 저장하는 분리부; 및 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리로부터 이산화탄소를 해리시켜 외부 대상물과 열교환시키는 해리부를 포함한다.

[0011] 또한, 상기 포집부는, 고체, 액체 및 기체 중 선택되는 어느 하나의 형태를 가진 이산화탄소를 저장하는 제 1 이산화탄소 저장부; 상기 제 1 이산화탄소 저장부와 연결되어 기 설정된 주입 조건으로 기체 상태의 이산화탄소

를 상기 CH_4 하이드레이트 퇴적층으로 주입하는 이산화탄소 주입부; 상기 CH4 하이드레이트 퇴적층으로부터 상기 메탄-이산화탄소 치환 반응을 통해 발생하는 메탄 가스와 미 반응된 이산화탄소를 흡입하는 이산화탄소 흡입부; 및 상기 이산화탄소 흡입부로부터 흡입된 메탄 가스와 이산화탄소로 이루어진 혼합 가스를 저장하는 혼합 가스 저장부를 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 기 설정된 주입 조건은, 기체 상태의 이산화탄소를 0 내지 1℃의 온도 범위를 유지하면서 25 내지 35 기압 범위에서 주입하는 조건이다.

[0013] 또한, 상기 기 설정된 조건은, 상기 CH_4 하이드레이트 구조체의 상평형 곡선보다 하측 영역에 위치하고, 상기 CO_2 하이드레이트 구조체의 상평형 곡선보다 상측 영역에 위치할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 분리부는, 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리의 생성 반응을 통해 CO_2 하이드레이트 슬러리를 생성함으로써, 상기 혼합 가스 중 메탄 가스를 분리하는 생성 챔버; 상기 흡수제를 저장하는 흡수제 저장부; 상기 혼합 가스 저장부 및 상기 흡수제 저장부 각각에 연결되며, 저장된혼합 가스와 저장된 흡수제를 상기 생성 챔버로 공급하는 레귤레이터부; 상기 생성 챔버와 결합되며, 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리의 생성 시간을 단축시키기 위해 공급된 혼합 가스 및 흡수제를 교반하는 스크래퍼부; 상기 생성 챔버의 내부 온도가 소정의 온도로 유지되도록 하는 항온부; 상기 생성 챔버에서 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리를 상기 해리부로 공급하는 펌프부; 및 상기 생성 챔버에서 분리된 메탄 가스를 저장하는 메탄 가스 저장부를 포함한다.

[0015] 또한, 상기 흡수제는, 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리가 생성되기 위한 활성화 에너지를 낮추는 열역학적 촉진제와 물로 이루어지고, 상기 열역학적 촉진제는, 상기 흡수제의 전체 몰 함량 대비 2 내지 4 mol% 함유될 수 있다.

[0016] 또한, 상기 레귤레이터부는 상기 생성 챔버로 기체 상태의 혼합 가스를 4 내지 6 기압 범위로 공급하고, 상기 항온부는 상기 생성 챔버의 내부 온도가 2 내지 4℃의 온도 범위를 유지하도록 한다.

[0017] 또한, 상기 해리부는, 상기 펌프부로부터 공급받은 CO_2 하이드레이트 슬러리의 해리 반응을 통해 외부 대상물이 냉각되도록 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리와 상기 외부 대상물 사이의 열교환이 이루어지는 해리 챔버; 상기 해리 챔버의 내부 공간으로 외부 대상물을 공급하고, 상기 해리 챔버에서 열교환을 통해 냉각된 외부대상물이 방출되는 냉열 수송라인; 상기 해리 챔버에서 해리된 CO_2 하이드레이트 슬러리로부터 미 반응된 이산화탄소와 흡수제를 분리하는 흡수제 회수부; 및 상기 해리 챔버에서 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리의 해리 반응을 통해 해리된 이산화탄소를 저장하는 제 2 이산화탄소 저장부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 실시예들에 따른 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템은 연소 후 발생하는 이산화탄소를 CH_4 하이드레이트의 메탄과 치환하여 CO_2 하이드레이트를 형성하도록 함으로써 해저 퇴적물의 구조적 안정성을 확보하면서 메탄 가스를 포집할 수 있고, 동시에 이산화탄소를 매장할 수 있는 효과가 있다.

[0019] 또한, 치환 후 메탄 가스와 이산화탄소를 포함하는 혼합 가스 중 CO_2 하이드레이트 슬러리의 생성 반응을 통해 메탄 가스를 선택적으로 분리하고, 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리의 해리 반응을 통해 냉방 시스템을 구축할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템을 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템을 설명하기 위한 세부적인 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에서 기체 이산화탄소 주입조건을 설명하기 위한 평형상태도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템을 활용한 열교환 방법을 설

명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면들을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다. 본 발명의 실시 예는 여러 가지 형태로 변형할 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래의 실시 예들로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시 예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다. 따라서 도면에서의 요소의 형상은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해 과장되었다.

[0022] 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시 예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명 시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀둔다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템을 설명하기 위한 개략적인 도면이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템을 설명하기 위한 세부적인 블록도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에서 기체 이산화탄소 주입조건을 설명하기 위한 평형상태도이다.

[0024] 먼저, 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템(10)은 가스화 복합발전기술(Integrated Gasification Combined Cycle, 이하, IGCC)에서 발생되는 이산화탄소를 해저 퇴적물에 부존하는 CH_4 하이드레이트 퇴적층(20)에 저장하는 '저장 기능'과, 저장 시 발생되는 메탄 가스와 미 반응된 이산화탄소를 모두 포집한 후, 포집된 가스를 기반으로 CO_2 하이드레이트 슬러리의 생성 반응을 통해 메탄 가스를 분리하는 '분리 기능'과, 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리의 해리 반응을 통해 외부 대상물과의 열교환을 제공하는 '열교환 기능'으로 대별될 수 있다.

[0025] 먼저, 상기 '저장 기능'을 구현하기 위한 구성은 도 1과 도 2에 도시된 바와 같이, 포집부(100)이고, 더 구체적으로 상기 포집부(100)는 제 1 이산화탄소 저장부(110), 이산화탄소 주입부(120), 이산화탄소 흡입부(130) 및 혼합 가스 저장부(140)를 포함할 수 있다.

[0026] 다음으로, 상기 '분리 기능'을 구현하기 위한 구성은 도 2에 도시된 바와 같이, 분리부(200)이고, 더 구체적으로 상기 분리부(200)는 생성 챔버(210), 흡수제 저장부(220), 레귤레이터부(230), 스크래퍼부(240), 항온부(250), 펌프부(260) 및 메탄 가스 저장부(270)를 포함한다.

[0027] 다음으로, 상기 '열교환 기능'을 구현하기 위한 구성은 도 2에 도시된 바와 같이, 해리부(300)이고, 더 구체적으로 상기 해리부(300)는 해리 챔버(310), 냉열 수송라인(320), 흡수제 회수부(330) 및 제 2 이산화탄소 저장부(340)를 포함할 수 있다.

[0028] 이하, 상기 '저장 기능'과 이를 위한 구성에 대해 살펴본다.

[0029] 본 발명의 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템(10)은 일반적인 석유 혹은 천연가스 시추설비와 같이 해상에 위치하는 선박 및 플랜트를 포함하는 해상 플랫폼에 배치된다.

[0030] 더하여, 상기 해상 플랫폼은 상기 열교환 시스템(10)을 제외한 미도시된 각종 부대설비를 구비하며, 상기 부대설비는 냉방수요 설비(30)일 수 있다.

[0031] 먼저, 포집부(100)는 해저 퇴적물에 부존하는 CH_4 하이드레이트 퇴적층(20)에 이산화탄소를 주입하여 메탄-이산화탄소 치환 반응을 유도하고, 메탄 가스와 이산화탄소를 포함하는 혼합 가스를 포집한다.

[0032] 더하여, 상기 메탄-이산화탄소 치환 반응은 상기 CH_4 하이드레이트 퇴적층을 구성하는 CH_4 하이드레이트 구조체의 메탄이 이산화탄소로 치환되어 CO_2 하이드레이트 구조체를 이루는 반응이다.

[0033] 앞서 설명한 바와 같이, 상기 포집부(100)는 제 1 이산화탄소 저장부(110), 이산화탄소 주입부(120), 이산화탄소 흡입부(130) 및 혼합 가스 저장부(140)를 포함할 수 있다.

[0034] 제 1 이산화탄소 저장부(110)는 고체, 액체 및 기체 중 선택되는 어느 하나의 형태를 가진 이산화탄소를 저장하며, 여기서, 상기 이산화탄소는 가스화 복합발전기술(Integrated Gasification Combined Cycle, 이하, IGCC)로

부터 발생되는 이산화탄소이다.

[0035] 또한, 제 1 이산화탄소 저장부(110)는 해리부(300)의 제 2 이산화탄소 저장부(340)와 연결되고, 상기 제 2 이산화탄소 저장부(340)에 저장된 이산화탄소를 공급받을 수 있다.

[0036] 이산화탄소 주입부(120)는 상기 제 1 이산화탄소 저장부(110)와 연결되어 기 설정된 주입 조건으로 기체 상태의 이산화탄소를 상기 CH_4 하이드레이트 퇴적층(20)으로 주입한다.

[0037] 구체적으로, 상기 이산화탄소 주입부(120)는 상기 제 1 이산화탄소 저장부(110)에 저장된 이산화탄소를 공급받고, 공급된 이산화탄소가 소정의 온도 범위를 유지함과 동시에 소정의 압력으로 방출될 수 있도록 하며, 방출되는 이산화탄소가 상기 CH_4 하이드레이트 퇴적층(20)에 주입될 수 있도록 유동 통로를 제공할 수 있다.

[0038] 이 때, 상기 기 설정된 주입 조건은 기체 상태의 이산화탄소를 0 내지 1℃의 온도 범위를 유지하면서 25 내지 35 기압 범위에서 주입하는 조건이다.

[0039] 구체적으로, 도 3을 참조하면, 상기 기 설정된 주입 조건은 상기 CH_4 하이드레이트 구조체의 상평형 곡선보다 하측 영역에 위치하고, 상기 CO_2 하이드레이트 구조체의 상평형 곡선보다 상측 영역에 위치할 수 있다.

[0040] 이에 따라, 상기 CH_4 하이드레이트 구조체는 상기 기 설정된 주입 조건 하에서, 구조체를 유지하는 것보다 메탄 가스와 물로 존재하는 것이 더 안정화되고, 상기 CO_2 하이드레이트 구조체는 상기 기 설정된 주입 조건 하에서, 구조체를 유지하는 것이 이산화탄소와 물로 존재하는 것보다 더 안정화될 수 있다.

[0041] 더하여, 도 3에 도시된 바와 같이, 빨간색 실선은 CH_4 하이드레이트 구조체의 상평형 곡선이고, 파란색 실선은 CO_2 하이드레이트 구조체의 상평형 곡선이며, 상기한 실선들은 평균적인 상평형 조건을 나타내는 것으로 외부환경에 따라 미소한 차이를 보일 수 있다.

[0042] 더하여, 도 3에서, 빨간색 실선은 CH4 하이드레이트 구조체의 상평형 곡선이고, 파란색 실선은 CO2 하이드레이트 구조체의 상평형 곡선이며,

[0043] 더 구체적으로, 상기 기 설정된 주입 조건 하에서, 상기 CH_4 하이드레이트 구조체의 해리 반응을 통해 메탄이 빠져나오며, 상기 해리된 CH_4 하이드레이트 구조체에 이산화탄소가 들어가는 CO_2 하이드레이트의 생성 반응이 일어나게 되는 것이며, 상기 CO_2 하이드레이트 구조체의 생성 반응은 발열반응으로 약 57.98 kJ/mol의 열량을 방출하고, 상기 CH_4 하이드레이트 구조체의 해리 반응은 흡열반응으로 약 54.49 kJ/mol의 열량을 흡수할 수 있다.

[0044] 즉, 상기 CO_2 하이드레이트 구조체의 생성 반응으로 인한 발열량은 상기 CH_4 하이드레이트 구조체의 메탄을 해리시키기 위한 충분한 열량이므로, 상기 CH_4 하이드레이트 구조체의 해리 반응을 활성화시킬 수 있다.

[0045] 이로써, 본 발명의 일 실시예에서 이산화탄소 주입부(120)를 통해 기체 상태의 이산화탄소가 0 내지 1℃의 온도 범위를 유지하면서 25 내지 35 기압 범위에서 주입됨으로써, 상기 CH_4 하이드레이트 퇴적층(20)을 구성하는 CH_4 하이드레이트 구조체의 메탄이 이산화탄소로 치환되어 CO_2 하이드레이트 구조체를 이룰 수 있는 것이다.

[0046] 이산화탄소 흡입부(130)는 상기 CH_4 하이드레이트 퇴적층(20)으로부터 상기 메탄-이산화탄소 치환 반응을 통해 발생하는 메탄 가스와 미 반응된 이산화탄소를 흡입할 수 있다.

[0047] 이 때, 상기 메탄-이산화탄소 치환 반응으로 치환되는 이산화탄소는 전체 주입 이산화탄소 대비 80% 수준일 수 있으며, 주입되는 이산화탄소의 온도 및 기압에 따라 달라질 수 있다.

[0048] 혼합 가스 저장부(140)는, 상기 이산화탄소 흡입부(130)로부터 흡입된 메탄 가스와 이산화탄소로 이루어진 혼합 가스를 저장한다. 여기서, 상기 혼합 가스는 메탄 가스와 이산화탄소를 각각 8:2의 부피비로 이루어질 수 있다.

[0049] 다음으로, 상기 '분리 기능'과 이를 위한 구성에 대해 살펴본다.

[0050] 분리부(200)는 상기 포집부(100)에서 포집된 혼합 가스 중 이산화탄소를 흡수제에 용해시켜 CO2 하이드레이트 슬러리의 생성 반응을 유도하고, 메탄 가스를 분리 저장할 수 있다.

[0051] 앞서 설명한 바와 같이, 상기 분리부(200)는 생성 챔버(210), 흡수제 저장부(220), 레귤레이터부(230), 스크래

퍼부(240), 항온부(250), 펌프부(260) 및 메탄 가스 저장부(270)를 포함한다.

[0052] 생성 챔버(210)는 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리의 생성 반응을 통해 CO2 하이드레이트 슬러리를 생성함으로써, 상기 혼합 가스 중 메탄 가스를 분리할 수 있다.

[0053] 상기 흡수제 저장부(220)는 이산화탄소가 용해되는 흡수제를 저장할 수 있다.

[0054] 더하여, 상기 흡수제는 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리가 생성되기 위한 활성화 에너지를 낮추는 열역학적 촉진제와 물로 이루어질 수 있으며, 상기 열역학적 촉진제는 상기 흡수제의 전체 몰 함량 대비 2 내지 4 mol% 함유되는 것이 바람직하다.

[0055] 본 발명의 일 실시예에서 상기 열역학적 촉진제는 THF(tetra hydro furan), LABSA(linear alkyl benzene sulfonic acid) 및 NE(nonylphenol ethoxalate)로 이루어진 군 중에서 선택되는 어느 하나일 수 있다.

[0056] 또한, 상기 흡수제 저장부(200)는 상기 열역학적 촉진제의 함량비를 실시간 감지하여, 추가적인 열역학적 촉진제나 추가적인 물이 저장되더라도 상기 열역학적 촉진제가 상기 흡수제의 전체 몰 함량 대비 대비 2 내지 4 mol% 함유되도록 유지할 수 있다.

[0057] 또한, 상기 흡수제 저장부(220)는 해리부(300)의 흡수제 회수부(330)로부터 공급된 흡수제와 기 저장된 흡수제를 혼합하고, 혼합된 흡수제에 함유된 열역학적 촉진제가 상기 혼합된 흡수제의 전체 몰 함량 대비 2 내지 4 mol%를 유지하도록 한다.

[0058] 레귤레이터부(230)는 상기 혼합 가스 저장부(140) 및 상기 흡수제 저장부(200) 각각에 연결되며, 저장된 혼합 가스와 저장된 흡수제를 상기 생성 챔버(210)로 공급할 수 있다.

[0059] 구체적으로, 상기 레귤레이터부(230)는 상기 생성 챔버(210)로 기체 상태의 혼합 가스를 4 내지 6 기압 범위로 공급할 수 있으며, 이에 따라, 상기 생성 챔버(210)의 내부 기압은 4 내지 6 기압으로 유지될 수 있다.

[0060] 스크래퍼부(240)는 상기 생성 챔버(210)와 결합되며, 상기 CO2 하이드레이트 슬러리의 생성 시간을 단축시키기 위해 공급된 혼합 가스 및 흡수제를 교반할 수 있다.

[0061] 또한, 상기 스크래퍼부(240)는 별도의 모터(미도시)를 더 포함할 수 있으며, 상기 모터에 의해 구동되고, 이산화탄소가 상기 흡수제에 용해되어 슬러리화되는 반응을 활성화할 수 있다.

[0062] 항온부(250)는 상기 생성 챔버(210)의 내부 온도가 소정의 온도로 유지되도록 한다.

[0063] 구체적으로, 상기 항온부(250)는 상기 생성 챔버(210)의 내부 온도가 2 내지 4℃의 온도 범위를 유지하도록 할 수 있다.

[0064] 펌프부(260)는 상기 생성 챔버(210)에서 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리를 상기 해리부(300)로 공급할 수 있다.

[0065] 구체적으로, 상기 펌프부(260)는 혼합 가스에서 분리된 메탄 가스를 제외한 상기 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리를 분리하고, 분리된 CO_2 하이드레이트 슬러리를 상기 해리부(300)로 공급한다.

[0066] 메탄 가스 저장부(270)는, 상기 생성 챔버(210)에서 분리된 메탄 가스를 저장하며, 메탄 가스 컴프레셔(미도시)를 통해 상기 분리된 메탄 가스를 흡입할 수 있다.

[0067] 다음으로, 상기 '열교환 기능'과 이를 위한 구성에 대해 살펴본다.

[0068] 해리부(300)는 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리로부터 이산화탄소를 해리시켜 외부 대상물과 열교환시킬 수 있다.

[0069] 앞서 설명한 바와 같이, 상기 해리부(300)는 해리 챔버(310), 냉열 수송라인(320), 흡수제 회수부(330) 및 제 2 이산화탄소 저장부(340)를 포함한다.

[0070] 해리 챔버(310)는 상기 펌프부(260)로부터 공급받은 CO_2 하이드레이트 슬러리의 해리 반응을 통해 상기 외부 대상물이 냉각되도록 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리와 상기 외부 대상물 사이의 열교환이 이루어질 수 있도록 한다.

[0071] 구체적으로, 해리 챔버(310)는 CO_2 하이드레이트 슬러리의 해리 반응이 흡열 반응인 것을 이용하여 외부 대상물을 냉각하기 위한 것으로, 상기 해리 챔버(310) 내에서 CO_2 하이드레이트 슬러리와 외부 대상물 사이에 열교환이 발생하고, 이에 따라 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리로부터 이산화탄소가 해리되고 상기 외부 대상물은 온도 A 상태에서 온도 B 상태로 냉각된다. 이 때, 온도 A는 온도 B보다 높은 온도이다.

[0072] 즉, 해리 챔버(310) 내에서 상기 외부 대상물이 가진 열이 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리의 해리 반응에 필요한 열에너지로 사용되는 것이다.

[0073] 냉열 수송라인(320)은 상기 해리 챔버의 내부 공간으로 외부 대상물을 공급하고, 상기 해리 챔버(310)에서 열교환을 통해 냉각된 외부 대상물이 방출될 수 있다.

[0074] 상기 냉열 수송라인(320)은 해상 플랜트에 설치된 냉방수요 설비(30)와 연결되고, 상기 외부 대상물이 유동하여 흐를 수 있는 소정의 통로일 수 있으며, 상기 외부 대상물은 물 등이 이용될 수 있다.

[0075] 더하여, 상기 외부 대상물은 냉방수요 설비(30)를 순환하면서 냉방시키는 유체로써, 열교환이 가능한 유체이면 어떤 유체든 사용될 수 있다.

[0076] 흡수제 회수부(330)는 상기 해리 챔버에서 해리된 CO_2 하이드레이트 슬러리로부터 미 반응된 이산화탄소와 흡수제를 분리할 수 있다.

[0077] 구체적으로, 상기 흡수제 회수부(330)는 상기 해리 챔버(310)에서 해리된 CO2 하이드레이트 슬러리를 공급받고, 상기 해리된 CO_2 하이드레이트 슬러리에서 흡수제를 재활용할 수 있도록 미 반응된 이산화탄소와 흡수제를 분리한다.

[0078] 또한, 상기 흡수제 회수부(330)는 분리된 흡수제를 분리부(200)의 흡수제 저장부(220)로 공급하여 상기 흡수제의 재순환이 이루어지도록 한다.

[0079] 제 2 이산화탄소 저장부(340)는 상기 해리 챔버(310)에서 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리의 해리 반응을 통해 해리된 이산화탄소를 저장한다.

[0080] 또한, 상기 제 2 이산화탄소 저장부(340)는 흡수제 회수부(330)로부터 분리된 이산화탄소를 공급받아 저장할 수 있다.

[0082] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템(10)을 활용한 열교환 방법을 설명한다.

[0083] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 시스템을 활용한 열교환 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0084] 먼저, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 하이드레이트 치환 기반의 열교환 방법은 해저 퇴적물에 부존하는 CH_4 하이드레이트 퇴적층에 이산화탄소를 주입하여 메탄-이산화탄소 치환 반응을 유도하고, 메탄 가스와 이산화탄소를 포함하는 혼합 가스를 포집하는 포집단계(S100), 포집된 혼합 가스 중 이산화탄소를 흡수제에 용해시켜 CO_2 하이드레이트 슬러리의 생성 반응을 유도하고, 메탄 가스를 분리 저장하는 분리단계(S200), 및 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리로부터 이산화탄소를 해리시켜 외부 대상물과 열교환시키는 열교환단계(S300)를 포함한다.

[0085] 먼저, 포집단계(S100)에서, 이산화탄소 주입부(120)는 제 1 이산화탄소 저장부(110)에 저장된 이산화탄소를 공급받아 기 설정된 주입 조건으로 기체 상태의 이산화탄소를 CH_4 하이드레이트 퇴적층(20)에 주입한다. 이 때, 상기 이산화탄소 주입부(120)는 기체 상태의 이산화탄소를 0 내지 1℃의 온도 범위를 유지하면서 25 내지 35 기압 범위에서 주입할 수 있다.

[0086] 이후, 이산화탄소 흡입부(130)는 상기 CH_4 하이드레이트 퇴적층(20)으로부터 메탄-이산화탄소 치환 반응을 통해 발생하는 메탄 가스와 미 반응된 이산화탄소로 이루어진 혼합 가스를 흡입하여 혼합 가스 저장부(140)에 저장되도록 한다.

[0087] 다음으로, 분리단계(S200)에서, 생성 챔버(210)는 흡수제가 저장된 흡수제 저장부(220)와 혼합 가스가 저장된 혼합 가스 저장부(140)와 레귤레이터부(230)를 통해 연결될 수 있으며, 레귤레이터부(230)를 통해 생성 챔버

(210)로 혼합 가스와 흡수제가 공급되면, 혼합가스 중 이산화탄소가 흡수제에 용해되며, 이에 따라 CO_2 하이드레이트 슬러리가 생성된다. 이 때, 상기 흡수제는 열역학적 촉진제와 물로 이루어질 수 있으며, 상기 열역학적 촉진제는 상기 흡수제의 전체 몰 함량 대비 2 내지 4 mol% 함유된다.

[0088] 더하여, 생성 챔버(210)는 레귤레이터부(230)로부터 기체 상태의 혼합 가스를 4 내지 6 기압 범위로 공급받아, 내부 기압이 4 내지 6 기압으로 유지될 수 있다.

[0089] 또한, 생성 챔버(210)는 스크래퍼부(240) 및 항온부(250)와 연결되고, 스크래퍼부(240)를 통해 상기 생성 챔버(210)에 공급된 혼합 가스와 흡수제가 교반될 수 있으며, 항온부(250)를 통해 상기 생성 챔버(210)의 내부 온도가 2 내지 4℃의 온도 범위를 유지될 수 있다.

[0090] 또한, 생성 챔버(210)는 펌프부(260) 및 메탄 가스 저장부(270)와 연결되고, 상기 펌프부(260)는 상기 생성 챔버(210)에서 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리를 해리부(300)로 공급하고, 상기 메탄 가스 저장부(270)는 혼합 가스 중 흡수제에 용해되는 이산화탄소를 제외한 메탄 가스를 저장한다.

[0091] 이로써, 분리단계(S300)에서는 생성 챔버(210)로 혼합 가스와 열역학적 촉진제가 함유된 흡수제가 공급되고, 4 내지 6 기압의 기압 범위 및 2 내지 4℃의 온도 범위 조건에서 공급된 혼합 가스와 흡수제가 교반됨에 따라 슬러리화가 진행되고, CO_2 하이드레이트 슬러리가 생성될 수 있는 것이며, CO_2 하이드레이트 슬러리 생성 반응에 따라 혼합 가스에서 분리된 메탄 가스는 저장되고, 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리는 해리부(300)로 공급될 수 있다.

[0092] 다음으로, 해리단계(S300)에서, 해리 챔버(310)는 펌프부(260)를 통해 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리를 공급받고, CO_2 하이드레이트 슬러리가 해리될 때 일어나는 흡열 반응을 이용하여 외부 대상물을 냉각한다.

[0093] 해리 챔버(310)는 냉열 수송라인(320)과 연결되고, 이 때, 상기 냉열 수송라인(320)으로는 온도 A 상태의 외부 대상물이 공급된다. 그리고, 상기 해리 챔버(310) 내에서 CO_2 하이드레이트 슬러리와 외부 대상물 사이에 열교환이 발생하고, 이에 따라 CO_2 하이드레이트 슬러리는 해리되고 외부 대상물은 온도 B 상태로 냉각된다.

[0094] 이후, 해리 챔버(310)는 흡수제 회수부(330)와 연결되고, 해리 챔버(310)내에서 해리된 CO_2 하이드레이트 슬러리가 흡수제 회수부(330)로 공급되고, 상기 흡수제 회수부(330)는 해리된 CO2 하이드레이트 슬러리를 기체 상태인 이산화탄소와 액체 상태인 흡수제로 분리한다.

[0095] 분리된 흡수제는 흡수제 회수부(330)를 통해 다시 흡수제 저장부(220)로 공급된다. 그리고, 분리된 이산화탄소는 제 2 이산화탄소 저장부(340)에 저장된다.

[0096] 또한, 제 2 이산화탄소 저장부(340)는 상기 해리 챔버(310)에서 상기 CO_2 하이드레이트 슬러리의 해리 반응을 통해 해리된 이산화탄소를 저장하며, 저장된 이산화탄소를 제 1 이산화탄소 저장부(110)로 공급한다.

[0097] 이로써, 본 발명은 해저 퇴적물에 부존하는 CH_4 하이드레이트 퇴적층에 이산화탄소를 주입하여 메탄 가스와 이산화탄소를 포함하는 혼합 가스를 포집할 수 있으며, 포집된 혼합 가스에서 CO_2 하이드레이트 슬러리의 생성 반응을 통해 메탄 가스를 선택적으로 분리할 수 있는 효과가 있다.

[0098] 더하여, 생성된 CO_2 하이드레이트 슬러리를 이용하여 외부 대상물과 열교환 시킴으로써 해상 플랫폼 내에 냉방 시스템을 구축할 수 있도록 하는 효과가 있다.

[0099] 이상의 상세한 설명은 본 발명을 예시하는 것이다. 또한 전술한 내용은 본 발명의 바람직한 실시 형태를 나타내어 설명하는 것이며, 본 발명은 다양한 다른 조합, 변경 및 환경에서 사용할 수 있다. 즉 본 명세서에 개시된 발명의 개념의 범위, 저술한 개시 내용과 균등한 범위 및/또는 당업계의 기술 또는 지식의 범위내에서 변경 또는 수정이 가능하다. 저술한 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 구현하기 위한 최선의 상태를 설명하는 것이며, 본 발명의 구체적인 적용 분야 및 용도에서 요구되는 다양한 변경도 가능하다. 따라서 이상의 발명의 상세한 설명은 개시된 실시 상태로 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 또한 첨부된 청구범위는 다른 실시 상태도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0100] 10 : 열교환 시스템

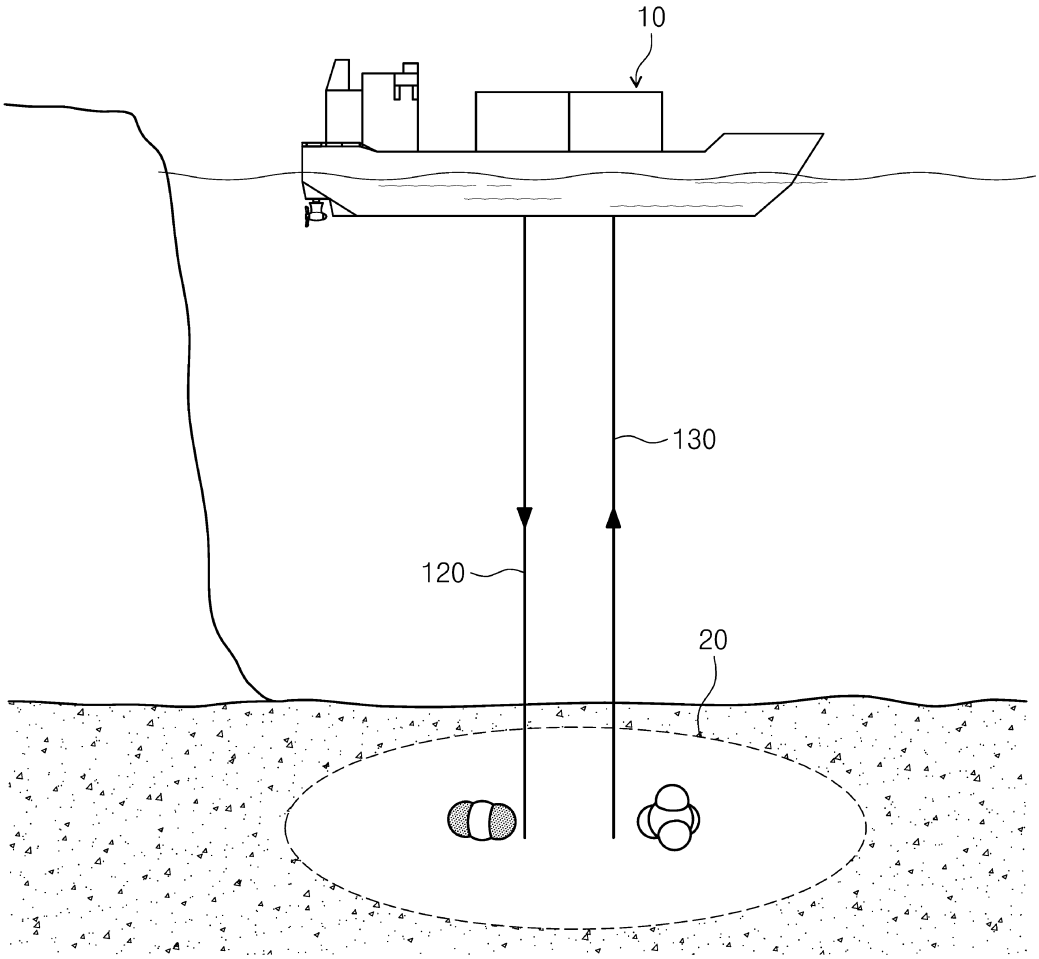
100: 포집부

200: 분리부

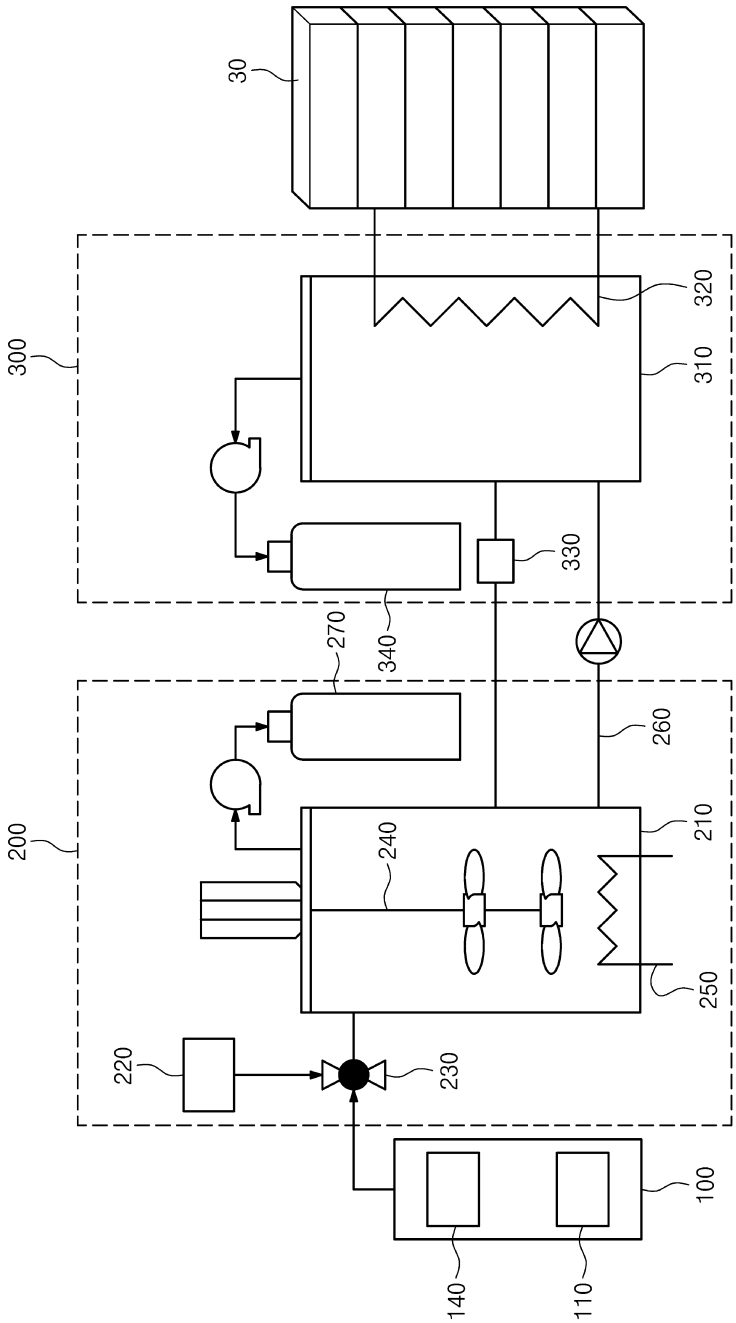
300: 해리부

도면

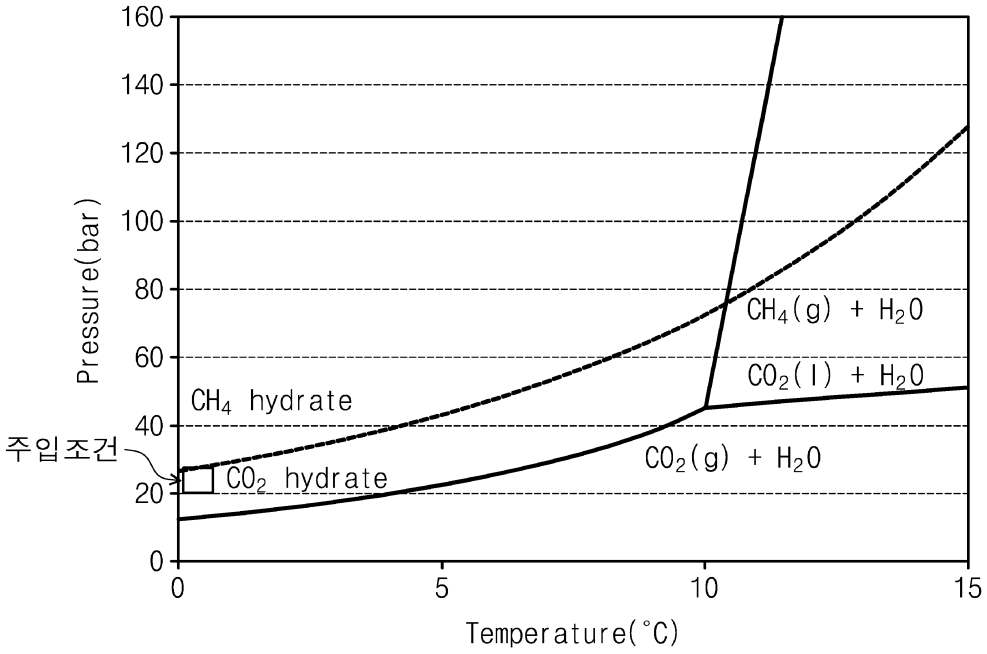
도면1



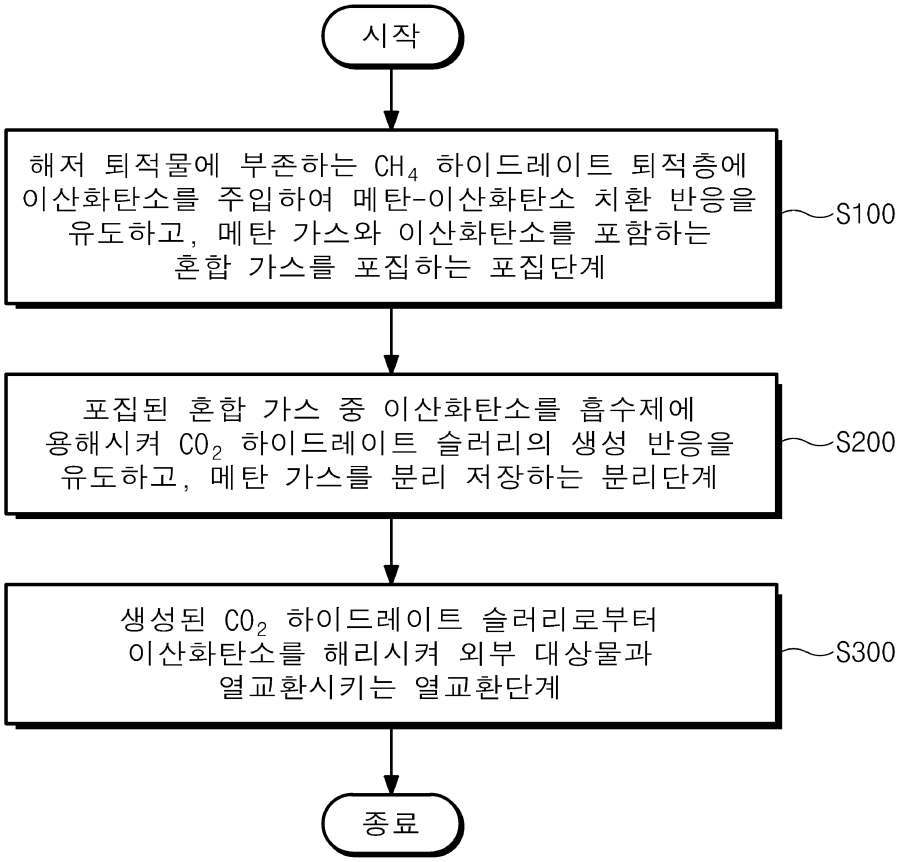
도면2


30
300
320
310
330
270
340
260
200
240
210
250
220
230
100
140
110

도면3


160
140
120
100
80
60
40
20
0
Pressure(bar)
0
5
10
15
Temperature(°C)
CH4 hydrate
CO2 hydrate
주입조건
CH4(g) + H2O
CO2(l) + H2O
CO2(g) + H2O

도면4


시작
해저 퇴적물에 부존하는 CH4 하이드레이트 퇴적층에 이산화탄소를 주입하여 메탄-이산화탄소 치환 반응을 유도하고, 메탄 가스와 이산화탄소를 포함하는 혼합 가스를 포집하는 포집단계
S100
포집된 혼합 가스 중 이산화탄소를 흡수제에 용해시켜 CO2 하이드레이트 슬러리의 생성 반응을 유도하고, 메탄 가스를 분리 저장하는 분리단계
S200
생성된 CO2 하이드레이트 슬러리로부터 이산화탄소를 해리시켜 외부 대상물과 열교환시키는 열교환단계
S300
종료