



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년05월16일
 (11) 등록번호 10-1621504
 (24) 등록일자 2016년05월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 E21B 49/02 (2006.01) E21B 43/01 (2006.01)
 G01N 33/22 (2006.01) G01N 33/24 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 E21B 49/025 (2013.01)
 E21B 43/01 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2015-0157688
 (22) 출원일자 2015년11월10일
 심사청구일자 2015년11월10일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR101350340 B1*
 KR101381686 B1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한국지질자원연구원
 대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)
 (72) 발명자
 이주용
 대전광역시 유성구 봉명로 94 (봉명동, 도안신도시7단지예미지백조의호수) 705동 1502호
 이재형
 대전광역시 유성구 가정로 65 대림두레아파트 10 6동 907호
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 조희제

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 이강엽

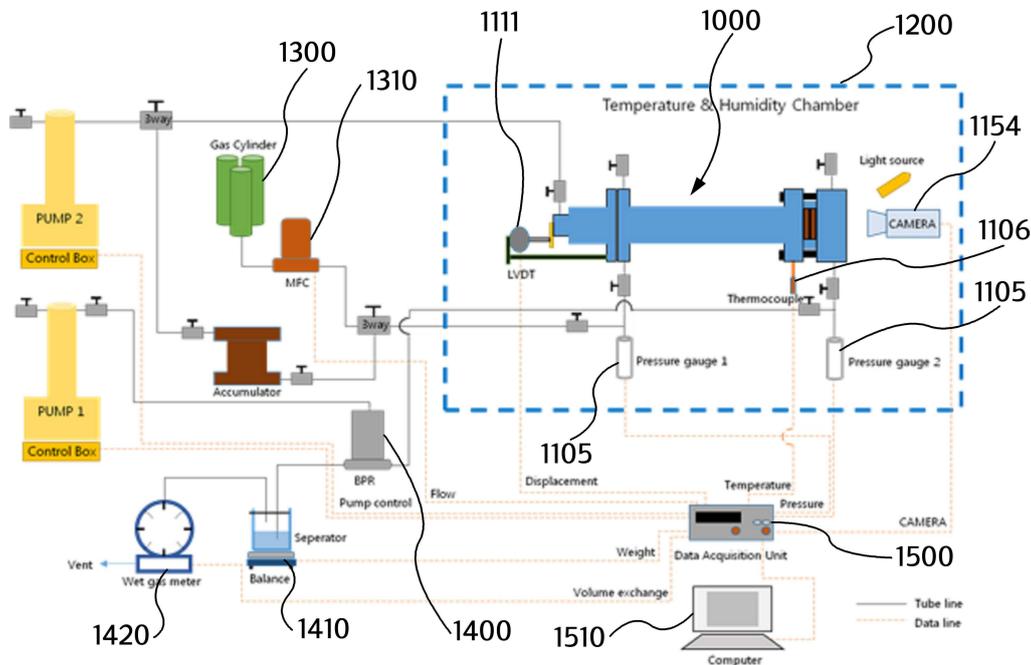
(54) 발명의 명칭 **가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치 및 모사방법**

(57) 요약

본 발명에 따른 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치는 퇴적시료가 충전되는 바디와, 상기 바디에 충전되는 퇴적시료에 축압을 가하기 위한 축압피스톤과, 상기 바디의 전방단부의 외주면 일측에 형성되어 상기 퇴적시료가 충전된 바디의 수용공간 내부로 유체를 주입하기 위한 유체 주입포트와, 상기 바디의 수용공간의 후

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



방단부에 장착되는 스크린과, 상기 스크린의 후방에서 상기 바디의 후방단부에 결합되어 상기 스크린을 통해 생산되는 유체 및 퇴적시료가 이동하는 투명재질의 원통형상의 생산안내부재와, 상기 스크린을 통해 생산되는 유체가 배출되는 유체 배출포트가 외주면에 형성되고 상기 생산안내부재의 후방에 결합되는 원통형 배출조립체를 포함하여 이루어지는 압력셀과, 상기 압력셀이 내부에 장착되어 상기 압력셀의 온도를 조절하기 위한 항온항습챔버와, 상기 압력셀의 유체 주입포트를 통해 메탄가스를 공급하여 상기 압력셀 내부에 가스 하이드레이트를 생성하기 위한 메탄가스 실린더와, 상기 유체 배출포트와 연결되어 상기 압력셀 내부의 압력을 조절하기 위한 후압력조절기를 포함하여 이루어져서 가스 하이드레이트의 해리로 인해 gas와 물이 상기 유체 배출포트를 통해 생산될 때 상기 수용공간에 충전되는 퇴적시료가 상기 압력셀의 스크린을 통과하여 상기 배출조립체로 유입되는 사실생산을 모사할 수 있는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

G01N 33/225 (2013.01)

G01N 33/241 (2013.01)

(72) 발명자

안대웅

대전광역시 유성구 가정로 43 삼성한울아파트 106동 906호

김세준

대전광역시 유성구 엑스포로 448 (전민동, 엑스포아파트) 510동 603호

서영주

대전광역시 중구 중앙로 45 (선화동, 센트럴뷰아파트) 104동 704호

한결

대전광역시 유성구 대학로 235-1 (어은동), 미리내 304호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2012-025

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 국가과학기술연구회

연구사업명 한국지질자원연구원 주요사업

연구과제명 가스하이드레이트 개발 생산 연구

기여율 1/1

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2012.01.01 ~ 2016.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

퇴적시료가 충전되는 원통형 수용공간이 내부에 형성되고 수평방향으로 연장형성되는 바디와, 상기 바디의 전방단부에 장착되어 상기 수용공간에 충전되는 퇴적시료에 축압을 가하기 위한 축압피스톤과, 상기 바디의 전방단부의 외주면 일측에 형성되어 상기 퇴적시료가 충전된 바디의 수용공간 내부로 유체를 주입하기 위한 유체 주입포트와, 상기 바디의 수용공간의 후방단부에 장착되는 스크린과, 상기 스크린의 후방에서 상기 바디의 후방단부에 결합되어 상기 스크린을 통해 생산되는 유체 및 퇴적시료가 이동하는 투명재질의 원통형상의 생산안내부재와, 상기 생산안내부재의 후방에 결합되고 상기 스크린을 통해 생산되는 유체가 배출되는 유체 배출포트가 외주면에 형성되는 원통형 배출조립체를 포함하여 이루어지는 압력셀과,

상기 압력셀이 내부에 배치되어 상기 압력셀의 온도를 조절하기 위한 항온항습챔버와,

상기 압력셀의 유체 주입포트를 통해 메탄가스를 공급하여 상기 압력셀 내부에 가스 하이드레이트를 생성하기 위한 메탄가스 실린더와,

상기 유체 배출포트와 연결되어 상기 압력셀 내부의 압력을 조절하기 위한 후압력조절기를 포함하여 이루어지고,

상기 압력셀의 수용공간 내부에서 상기 스크린의 전방에는 스크린의 간극보다 큰 입도를 가지는 자갈 또는 모래 입자들로 이루어진 그래블팩이 일정 두께만큼 충전되며,

상기 압력셀이 안착되는 이동받침대와, 원통형상으로 이루어져 상기 이동받침대에 안착된 압력셀이 원통 내부로 이동한 후 상기 압력셀의 바디 주위를 회전하면서 바디 내부를 X-ray 촬영하는 X-ray CT촬영부로 이루어져서 상기 항온항습챔버 내부에 설치되는 X-ray CT장치가 더 구비되어,

가스 하이드레이트의 해리로 인해 gas와 물이 상기 유체 배출포트를 통해 생산될 때 상기 압력셀 바디의 수용공간에 충전되는 퇴적시료가 상기 스크린을 통과하여 상기 생산안내부재를 거쳐 상기 배출조립체로 유입되는 사질생산을 모사할 수 있는 것을 특징으로 하는 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 생산안내부재의 외측에는 원통형 외주면에 다수의 관통공이 둘레방향으로 형성되어 상기 생산안내부재를 감싸도록 결합되는 링부재가 구비되는 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 압력셀의 유체 배출포트와 상기 후압력조절기 사이의 유동라인에는 상기 스크린을 통과한 퇴적시료가 후압력조절기로 유입되는 것을 방지하기 위한 라인필터가 장착되는 것을 특징으로 하는 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 원통형 배출조립체의 외주면에는 상기 배출조립체의 내부를 조명하는 램프장치가 설치되고, 상기 원통형 배출조립체의 후방에는 상기 스크린을 통해 생산되는 퇴적시료를 촬영하는 카메라가 설치되는 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 퇴적시료는 수평으로 눕힌 상태의 압력셀의 수용공간의 하부에 니질시료가 충전되고 그 상부에 사질시료가 충전되어 층상구조가 구현되는 것을 특징으로 하는 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치.

청구항 8

퇴적시료가 충전되는 원통형 수용공간이 내부에 형성되고 수평방향으로 연장형성되는 바디와, 상기 바디의 전방 단부에 장착되어 상기 수용공간에 충전되는 퇴적시료에 축압을 가하기 위한 축압피스톤과, 상기 바디의 전방 단부의 외주면 일측에 형성되어 상기 퇴적시료가 충전된 바디의 수용공간 내부로 유체를 주입하기 위한 유체 주입 포트와, 상기 바디의 수용공간의 후방단부에 장착되는 스크린과, 상기 스크린의 전방에는 상기 스크린의 간극보다 큰 입도를 가지는 자갈 또는 모래 입자들로 이루어져 일정 두께만큼 충전되는 그레블랙과, 상기 스크린의 후방에서 상기 바디의 후방단부에 결합되어 상기 스크린을 통해 생산되는 유체 및 퇴적시료가 이동하는 투명재질의 원통형상의 생산안내부재와, 상기 스크린을 통해 생산되는 유체가 배출되는 유체 배출포트가 외주면에 형성되고 상기 생산안내부재의 후방에 결합되는 원통형 배출조립체를 포함하여 이루어지는 압력셀의 수용공간에 퇴적층을 형성하기 위한 퇴적시료의 공급율을 측정하고, 상기 퇴적시료를 상기 압력셀의 수용공간에 충전하고 수용공간 내부를 수포화시키는 단계와,

상기 퇴적시료가 충전된 압력셀을 항온항습챔버의 내부에 배치하는 단계와,

메탄가스 실린더로부터 상기 압력셀의 유체 주입포트를 통해 압력셀 내부로 메탄가스를 주입하는 단계와,

상기 항온항습챔버의 온도를 하강시켜 압력셀 내로 주입된 메탄가스로부터 가스 하이드레이트를 생성하는 단계와,

상기 압력셀 내부의 압력을 감압하여 가스 하이드레이트를 해리시키고 상기 압력셀의 유체 배출포트를 통해 배출되는 해리가스의 양을 측정하는 단계와,

상기 압력셀이 안착되는 이동받침대와, 원통형상으로 이루어져 상기 이동받침대에 안착된 압력셀이 원통 내부로 이동한 후 상기 압력셀의 바디 주위를 회전하면서 바디 내부를 X-ray 촬영하는 X-ray CT촬영부로 이루어져 상기 항온항습챔버 내부에 설치되는 X-ray CT장치를 이용하여 상기 압력셀 내부에 가스하이드레이트 생성 전후 그리고 상기 압력셀 내부 압력의 감압전후에 상기 압력셀 내부의 X-ray 영상을 취득하는 단계와,

상기 압력셀을 해체하고 상기 압력셀의 스크린 밖으로 생산되어 상기 원통형 배출조립체로 유입된 퇴적시료의 무게와 입도를 측정하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 압력셀의 배출조립체에 설치되는 램프장치를 작동시키고, 상기 배출조립체의 후방에 설치되는 카메라를 이용하여 상기 압력셀의 스크린 밖으로 생산되는 퇴적시료를 촬영하는 단계를 더 포함하여 이루어지는 가스 하이드레이트의 생산에 의한 사질생산 모사방법.

청구항 10

삭제

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치 및 모사방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 미

[0001]

고결층에서 가스 하이드레이트 생산시 동반되는 사질 생산을 모사하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로 육상 또는 해저에서의 석유 또는 가스전의 생산 분석을 위해서는 시추지점에서 채취되는 시추시료가 많이 이용되고 있다. 한편, 해저퇴적물의 물성실험 분야에서는 시추된 코어시료를 이용하여 간단한 물성측정을 할 수 있는 장치가 개발되어 있으나, 단순히 물성측정에 그치고 있고 특히, 심해 퇴적층 가스 하이드레이트의 경우에는 저온 고압의 환경이 유지되어야 하므로 실제 현장조건에서의 실험연구가 더욱 어려운 실정이다.
- [0003] 이러한 문제점을 보완하여 본 출원인에 의해 제시된 “가스 하이드레이트 함유 시추시료를 이용한 생산 실험연구용 장치” (특허공개공보 제10-2013-0060602호, 2013.06.10 공개)가 도1에 도시되어 있다.
- [0004] 도1에 도시된 가스 하이드레이트 함유 시추시료를 이용한 생산 실험연구용 장치는 가스 하이드레이트가 함유된 시추시료를 수용하는 메인바디(10)와, 메인바디(10)의 상, 하부에 각각 결합되는 상, 하부 캡(20, 40)으로 구성되는 압력셀(100)과, 상기 압력셀(100)에 수용된 시추시료에 수직응력을 구현할 수 있도록 압력 셀(100)의 상부에 축압피스톤이 장착되어 시추시료를 가압하기 위한 축압가압부와, 시추시료를 수용하는 압력 셀(100)의 수용공간(11)에 해수를 주입하기 위해 해수탱크(410)와 해수탱크(410)를 감싸는 쿨링 재킷(420)과 쿨링 재킷(420)으로 냉각수를 공급하기 위한 냉각수 공급기(430)로 구성되는 해수주입부와, 해수탱크(410)로 메탄가스를 공급하기 위한 메탄가스 실린더(440)와, 압력 셀(100)의 수용공간에 주입되는 해수에 의한 시추시료의 공극압력을 조절하기 위해 펌프(310)와 배압 레귤레이터(320)로 구성되는 배압조절부와, 시추시료로부터 배출되는 가스 배출량을 측정하기 위해 유체로부터 가스를 분리시키는 세퍼레이터(330)와 가스의 양을 측정하는 습식가스미터(340)를 구비하는 배출가스측정부를 포함하여 이루어진다(33 : 레이저 변위계, 60: 펄스 제너레이터, 61: 오실로스코프, 210: 펌프, 700 : 데이터 습득부, 800 : 컴퓨터)
- [0005] 상기와 같은 구성을 가지는 도1에 따른 장치에서는 가스 하이드레이트 함유 시추시료(S)를 압력 셀(100)의 메인바디(10)에 배치한 다음 해수 주입부로부터 공급되는 해수를 압력 셀(100) 내로 주입하고, 현장의 수직응력(최대 3MPa)까지 축압가압부의 축압피스톤에 의해 시추시료에 축압을 가한다. 그 다음 감압기법으로 배압조절부의 배압 레귤레이터(320)를 이용하여 해수로 인한 시추시료(S)의 공극압력을 감압시켜 하이드레이트의 해리를 유도한다. 열자극기법에서는 열자극 조절부(600)에 의해 온도가 조절되는 하부 캡(40)의 열선에 의해 시추시료(S)를 가열하여 가스 하이드레이트의 해리를 유도한다. 그리고, 열염수 주입기법에서는 열염수 주입부(500)의 염수 펌프(520)에 의해 공급되는 염수를 가열 용기(510)로 가열하고, 이에 의해 고온의 염수를 압력 셀(100)의 수용공간(11)으로 주입함으로써 하이드레이트의 해리를 유도하게 된다(511: 가열액, 512: 튜빙코일).
- [0006] 이와 같이 감압기법 등으로 가스 하이드레이트의 해리를 유도하고, 이에 의해 압력 셀(100)로부터 배출되는 생산 유체는 배압 레귤레이터(320)에 연결되어 있는 세퍼레이터(330)를 이용하여 액체로부터 가스를 분리시킨 다음 습식가스미터(340)로 가스의 양을 측정하게 된다. 따라서, 시추시료에 대해 최대 약 3MPa의 수직응력과, 최대 약 20MPa의 공극압력을 가하여 심해 퇴적층의 조건을 구현하고 감압 등의 방법에 의한 생산가스의 양을 측정함으로써 보다 정확한 가스 하이드레이트의 가스 생산을 예측할 수 있게 되었다.
- [0007] 그런데, 미고결 심해저 가스 하이드레이트 저류층에서 생산기법 적용에 의한 가스 생산은 사질생산은 동반할 것이 예상되고 사질생산은 각종 밸브, 파이프라인 부식, 분리기 내 모래 침전 등의 생산시설에 손상을 초래하며, 결과적으로 시추공 안정성 위협, 생산성 저하, 운영비용 증가 등으로 이어질 수 있다. 그러나, 도1에 도시된 종래 장치에서는 이러한 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사를 할 수 없는 단점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 따라서, 본 발명은 상기 종래기술의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치 및 모사방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치는 퇴적시료가 충전되는 원통형 수용공간이 내부에 형성되고 수평방향으로 연장형성되는 바디와, 상기 바디의 좌측단부에 장착되어 상기 수용공간에 충전되는 퇴적시료에 축압을 가하기 위한 축압피스톤과, 상기 바디의 전방단부의 외주면 일측에 형

성되어 상기 퇴적시료가 충전된 바디의 수용공간 내부로 유체를 주입하기 위한 유체 주입포트와, 상기 바디의 수용공간의 후방단부에 장착되는 스크린과, 상기 스크린의 후방에서 상기 바디의 후방단부에 결합되어 상기 스크린을 통해 생산되는 유체 및 퇴적시료가 이동하는 투명재질의 원통형상의 생산안내부재와, 상기 스크린을 통해 생산되는 유체가 배출되는 유체 배출포트가 외주면에 형성되고 상기 생산안내부재의 후방에 결합되는 원통형 배출조립체를 포함하여 이루어지는 압력셀과; 상기 압력셀이 내부에 장착되어 상기 압력셀의 온도를 조절하기 위한 항온항습챔버와; 상기 압력셀의 유체 주입포트를 통해 메탄가스를 공급하여 상기 압력셀 내부에 가스 하이드레이트를 생성하기 위한 메탄가스 실린더와; 상기 유체 배출포트와 연결되어 상기 압력셀 내부의 압력을 조절하기 위한 후압력조절기를 포함하여 이루어져서 가스 하이드레이트의 해리로 인해 가스와 물이 상기 유체 배출포트를 통해 생산될 때 상기 수용공간에 충전되는 퇴적시료가 상기 압력셀의 스크린을 통과하여 상기 배출조립체로 유입되는 사질생산을 모사할 수 있는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 상기 생산안내부재의 외측에는 원통형 외주면에 다수의 관통공이 둘레방향으로 형성되어 상기 생산안내부재를 감싸도록 결합되는 링부재가 구비되는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 압력셀의 수용공간 내부에서 스크린의 안쪽에는 스크린의 간극보다 큰 입도를 가지는 자갈 또는 모래 입자들로 이루어진 그레블랙이 일정 두께만큼 충전되는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 압력셀의 유체 배출포트와 상기 후압력조절기 사이의 유동라인에는 상기 스크린을 통과한 퇴적시료가 후압력조절기로의 유입을 예방하기 위한 라인필터가 장착되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 상기 사질생산 모사장치는 상기 압력셀이 안착되는 이동받침대와, 원통형상으로 이루어져 상기 이동받침대에 안착된 압력셀이 원통 내부로 이동함과 동시에 상기 압력셀의 바디 내부를 회전하면서 X-ray 촬영하는 X-ray CT촬영부로 이루어지는 X-ray CT장치가 더 구비되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 원통형 배출조립체의 외주면에는 상기 배출조립체의 내부를 조명하는 램프장치가 설치되고, 상기 원통형 배출조립체의 후방에는 스크린을 통해 생산되는 퇴적시료를 촬영하는 카메라가 설치되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 퇴적시료는 수평으로 놓인 상태의 압력셀의 수용공간의 하부에 점도시료가 충전되고 그 상부에 사질시료가 충전되어 층상구조가 구현되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 본 발명에 따른 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사방법은 퇴적시료가 충전되는 원통형 수용공간이 내부에 형성되고 수평방향으로 연장형성되는 바디와, 상기 바디의 전방단부에 장착되어 상기 수용공간에 충전되는 퇴적시료에 축압을 가하기 위한 축압피스톤과, 상기 바디의 전방단부의 외주면 일측에 형성되어 상기 퇴적시료가 충전된 바디의 수용공간 내부로 유체를 주입하기 위한 유체 주입포트와, 상기 바디의 수용공간의 후방단부에 장착되는 스크린과, 상기 스크린의 후방에서 상기 바디의 후방단부에 결합되어 상기 스크린을 통해 생산되는 유체 및 퇴적시료가 이동하는 투명재질의 원통형상의 생산안내부재와, 상기 스크린을 통해 생산되는 유체가 배출되는 유체 배출포트가 외주면에 형성되고 상기 생산안내부재의 후방에 결합되는 원통형 배출조립체를 포함하여 이루어지는 압력셀의 수용공간에 퇴적층을 형성하기 위한 퇴적시료의 공극율을 측정하고, 상기 퇴적시료를 상기 압력셀의 수용공간에 충전하고 수포화시키는 단계와, 상기 퇴적시료가 충전된 압력셀을 항온항습챔버의 내부에 설치하는 단계와, 메탄가스 실린더로부터 상기 압력셀의 유체 주입포트를 통해 압력셀 내부로 메탄가스를 주입하는 단계와, 상기 항온항습챔버의 온도를 하강시켜 압력셀 내로 주입된 메탄가스로부터 가스 하이드레이트를 생성하는 단계와, 상기 압력셀 내부의 압력을 감압하여 가스 하이드레이트를 해리시키고 상기 압력셀의 유체 배출포트를 통해 배출되는 해리가스의 양을 측정하는 단계와, 상기 압력셀을 해체하고 상기 압력셀의 스크린 밖으로 생산된 퇴적시료의 무게와 입도를 측정하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 실험기간동안 상기 압력셀의 배출조립체에 설치되는 램프장치를 작동시키고, 상기 배출조립체의 후방에 설치되는 카메라를 이용하여 상기 압력셀의 스크린 밖으로 생산되는 퇴적시료를 촬영하는 단계를 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한 가스하이드레이트 생성 전후, 압력셀의 감압 전후에 X-ray 영상을 취득하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따르면 미고결층에서 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치 및 모사방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도1은 종래 기술에 따른 가스 하이드레이트 생산모사장치의 구성도이고,
- 도2는 본 발명에 따른 가스하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치의 구성도이며,
- 도3은 본 발명에 따른 장치에서 압력셀을 도시한 도면이고,
- 도4는 도3에서 압력셀의 단면도이며,
- 도5는 본 발명에 따른 방법에서 감압 전, 감압 시, 감압 후 스크린의 사진이고,
- 도6은 본 발명의 시스템에서 압력셀이 안착된 X-ray CT장치를 보여주는 도면이며,
- 도7은 본 발명에서의 X-ray CT장치를 이용하여 압력셀 내부의 퇴적층의 움직임을 촬영한 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치를 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0022] 도2는 본 발명에 따른 가스하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치의 구성도이며, 도3은 본 발명에 따른 장치에서 압력셀을 도시한 도면이고, 도4는 도3에서 압력셀의 단면도이며, 도5는 본 발명에 따른 방법에서 감압 전, 감압 시, 감압 후 스크린의 사진이고, 도6은 본 발명 시스템에서 압력셀이 안착된 X-ray CT장치를 보여주는 도면이며, 도7은 본 발명에서의 X-ray CT장치를 이용하여 압력셀 내부의 퇴적층의 움직임을 촬영한 사진이다.
- [0023] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가스 하이드레이트 생산에 의한 사질생산 모사장치는 퇴적시료가 충전되는 원통형 수용공간이 내부에 형성되고 수평방향으로 연장형성되는 바디(1100)와, 축압피스톤(1110)과, 유체 주입 포트(1101)와, 바디(1100)의 수용공간의 우측 단부에 장착되는 스크린(1120)과, 스크린(1120)을 통해 생산되는 유체 및 퇴적시료가 이동하는 투명재질의 원통형 생산안내부재(1130)와, 유체 배출포트(1151)가 외주면에 형성되고 생산안내부재(1130)의 후단에 결합되는 원통형 배출조립체(1150)를 포함하여 이루어지는 압력셀(1000)과, 압력셀(1000)이 내부에 장착되어 상기 압력셀(1000)의 온도를 조절하기 위한 항온항습챔버(1200)와, 압력셀(1000)의 유체 주입포트(1101)를 통해 메탄가스를 공급하여 상기 압력셀(1000) 내부에 가스 하이드레이트를 생성하기 위한 메탄가스 실린더(1300)와, 상기 유체 배출포트(1151)와 연결되어 상기 압력셀(1000) 내부의 압력을 조절하기 위한 후압력조절기(1400)와, 압력셀(1000)에 설치되는 다수의 센서로부터 데이터를 습득하기 위한 데이터습득부(1500)와, 가스-물 분리기(1410)와, 습식가스미터(1420)와, X-ray CT장치(1600)를 포함하여 이루어진다.
- [0024] 본 발명에 있어서 압력셀(1000)은 바디(1100)와, 축압피스톤(1110)과, 유체 주입포트(1101)와, 바디(1100)의 수용공간의 우측 단부에 장착되는 스크린(1120)과, 스크린(1120)을 통해 생산되는 유체 및 퇴적시료가 이동하는 생산안내부재(1130)와, 생산안내부재(1130)의 후단에 결합되는 원통형 배출조립체(1150)를 포함하여 이루어진다.
- [0025] 바디(1100)는 원통형상이 수평방향으로 연장형성되고, 그 길이방향으로 내부에 퇴적시료가 충전되는 수용공간이 형성되며, 그 좌측단부의 외주면 일측에는 수용공간의 내부로 유체를 주입하기 위한 유체주입포트(1101)가 형성된다. 바디(1100)의 재질은 후술할 X-ray CT장치(1600)의 영상취득이 가능하도록 특수재질인 듀랄루민으로 이루어진다.
- [0026] 상기 축압피스톤(1110)은 현장에서의 수직응력을 구현하기 위해 바디(1100)의 수용공간 내부에 충전되는 퇴적시료에 축압을 가하기 위한 것으로, 상기 바디(1100)의 좌측단부에 장착된다. 또한, 축압피스톤(1110)에는 외주면에 원형 돌기부가 형성되어 바디(1100)의 좌측 캡(1102)의 내주면과 축압피스톤(1110) 몸체와 원형 돌기부로 한정되는 공간 내부로 축압 펌프에 의해 압력 유체가 유입되어 퇴적시료에 축압을 가하게 된다. 또한, 축압피스톤(1110)의 단부에는 퇴적시료에 축압을 가함에 따라 그 변위를 측정하기 위한 디지털변위계(1111)가 설치된다.
- [0027] 상기 스크린(1120)은 가스 하이드레이트 해리로 인한 가스와 물 생산시 이와 동반하여 생산되는 퇴적층 퇴적시료의 사질생산을 모사 및 제어하기 위한 것으로, 바디(1100)의 후방단부에 장착된다. 본 발명에서는 평균 간극이 100 μ m인 와이어 랩(wire wrap)타입의 스크린(1120)이 사용되고, 다양한 간극을 가지는 스크린(1120)을 교체하여 장착할 수 있도록 압력셀(1000)에 탈부착가능하게 설치된다. 또한, 압력셀(1000) 바디(1100)의 수용공간 내부 스크린(1120) 안쪽에는 그래블팩이 일정 두께만큼 충전되는데, 미리 정해진 특정 입도의 자갈 또는 모래

입자 집합체인 그래블랙의 입도는 스크린(1120)의 간극보다 큰 범위에서 선택하여 충전된다.

- [0028] 상기 생산안내부재(1130)는 가스 하이드레이트의 해리로 인한 가스 및 물의 유동에 동반되는 퇴적시료가 스크린(1120)을 통과하여 유동되는 것을 안내하기 위한 것으로, 원통형상으로 이루어져 스크린(1120)의 후방에서 바디(1100)의 후방단부에 결합되고 스크린(1120)을 통과한 유체 및 퇴적시료가 이동하는 방향을 따라 일정 길이만큼 연장 형성된다. 또한, 생산안내부재(1130)는 외부에서 퇴적시료의 이동을 관찰할 수 있도록 투명재질로 이루어지는데, 본 실시예에서는 투명 아크릴 재질이 사용된다. 그리고, 생산안내부재(1130)의 외측에는 원통형 외주면에 다수의 관통공(1141)이 둘레방향으로 형성되어 상기 생산안내부재(1130)를 감싸도록 결합되는 링부재(1140)가 구비된다.
- [0029] 상기 배출조립체(1150)는 원통형상으로 이루어져 생산안내부재(1130)의 후방에 결합되는 것으로, 스크린(1120)을 통해 생산되는 유체가 내부로 이동한 다음 외부로 배출될 수 있도록 외주면 일측에 유체 배출포트(1151)가 형성된다. 유체 배출포트(1151)에는 도면에 도시된 바와 같이 후압력조절기(1400, back pressure regulator)가 연결되어 압력셀(1000) 내부 압력을 조절한다.
- [0030] 또한, 배출조립체(1150)의 외주면에는 배출조립체(1150)의 내부를 조명할 수 있는 램프장치(1152)가 설치되고, 원통형 배출조립체(1150)의 후방에는 투시창(1153)을 통해 스크린(1120)을 통과하여 생산되는 퇴적시료를 촬영하는 카메라(1154)가 설치된다.
- [0031] 상기 항온항습챔버(1200)는 압력셀(1000)의 온도와 습도를 조절하기 위한 것으로, 도면에 도시된 바와 같이 챔버 내부에 압력셀(1000)을 설치한 다음 온도와 습도를 조절하게 된다.
- [0032] 상기 메탄가스 실린더(1300)는 압력셀(1000) 내부로 메탄가스를 공급하고 항온항습챔버(1200)를 이용하여 압력셀(1000) 내부에 가스 하이드레이트를 생성하기 위한 것으로, 압력셀(1000)과 메탄가스 실린더(1300) 사이에 구비되는 가스유량계(1310, mass flow controller)를 통해 메탄가스를 압력셀(1000) 내부로 정량적으로 주입한다.
- [0033] 또한, 감압에 의한 가스 하이드레이트의 해리에 의해 압력 셀(100)에서 배출되는 가스의 양을 측정하기 위해 가스-물 분리기(1410)와 습식가스미터(1420)가 구비된다. 가스-물 분리기(1410)는 후압력조절기(1400)의 배출부쪽에 연결되어 유체 배출포트(1151)를 통해 압력셀(1000)로부터 배출되는 생산 유체에서 가스와 물을 분리하고, 습식가스미터(1420)에서 가스-물 분리기(1410)로부터 분리된 가스의 양을 측정하게 된다.
- [0034] 또한, 본 발명에 따른 장치에는 X-ray CT장치(1600)가 더 구비된다. 본 발명에서 X-ray CT(computed tomography)장치(1600)는 가스 하이드레이트 생산시 퇴적층의 움직임을 관찰하기 위한 것으로, 도6에 도시된 바와 같이 항온항습챔버(1200) 내부에서 압력셀(1000)을 안착시키는 이동받침대(1610)와, 원통형상으로 이루어져 이동받침대(1610)에 안착된 압력셀(1000)이 원통 내부로 이동하면서 압력셀(1000)의 바디(1100) 주위를 회전하면서 X-ray CT촬영하는 X-ray CT촬영부(1620)로 이루어진다.
- [0035] 한편, 압력셀(1000)의 유체 주입포트(1101)와 유체 배출포트(1151)에는 각각 압력계(1105)가 설치되고, 바디(1100)의 온도를 측정할 수 있는 온도센서(1106)가 설치된다. 작동과정 동안 가스유량계(1310), 디지털변위계(1111), 각종 센서 등에 의해 얻어지는 데이터는 도2에서와 같이 데이터 습득부(1500)를 통해 컴퓨터(1510)로 저장되게 된다.
- [0036] 다음으로 전술한 구성을 가지는 본 발명의 모사장치를 이용한 모사방법에 대해 설명한다.
- [0037] 우선, 압력셀(1000)에 충전되는 시료를 먼저 준비한다. 니질시료(점토시료)는 함수비를 현장 조건에 맞게 반죽하며, 사질시료는 자력을 띠는 불순물을 제거하기 위해 마그네틱 필터링(magnetic filtering) 시킨 시료로 기초 물성값 측정을 통해 확인된 초기 조건에 맞게 충전한다. 층상구조 구현을 위한 충전시에는 사질시료와 니질시료가 교호되게 배치되는데, 먼저 반죽된 니질시료를 수평으로 놓힌 상태의 압력셀(1000)의 하부에 충전시키고 그 위 상부에 사질시료를 충전한다. 이 때 니질시료가 틀어지지 않게 충전하도록 한다.
- [0038] 그 다음, 압력셀(1000)을 도2에 도시된 바와 같이 시스템에 장착한 후 항온항습챔버(1200) 내부에 위치시키고 항온항습챔버(1200)의 온도를 20도로 조정하고 내부의 온도를 안정화시킨다. 시스템의 온도를 안정화시킨 후 가스 하이드레이트 생성을 위해 압력셀(1000)에 메탄가스를 주입하여 퇴적시료 내의 수포화도를 목표한 초기 수포화도로 만든다. 압력셀(1000)의 가스 주입부와 배출부에 절대압력계(1105)를 연결하여 압력을 실시간으로 확인할 수 있도록 하고 가스유량계(1310)를 통해 주입되는 메탄가스의 양을 측정가능하게 연결한다. 메탄가스를 주입하여 퇴적층의 압력이 일정한 압력에 도달하게 한 후 내부압력이 안정화되는지 관찰한다.
- [0039] 그 다음, 가스 하이드레이트를 생성시키기 위해 항온항습챔버(1200) 온도를 2℃로 하강시킨다. 퇴적 시료내 하

이드레이트 포화도가 정해진 포화도에 도달할 때까지 메탄가스를 재주입하여 하이드레이트를 추가 생성시킨다. 가스 하이드레이트의 생성여부는 급격한 압력강하로부터 알 수 있으며 최종적으로 시스템의 온도와 압력이 안정 될 때까지 기다린다. 하이드레이트 생성 완료후 메탄가스로 포화시킨 증류수를 주입하여 시료를 다시 수포화 상태로 만든다.

[0040] 다음 목표한 압력에서 시료의 압력을 안정시킨다. 압력이 안정되고 나면 목표한 감압량, 감압률을 따라 시료를 감압하고 가스하이드레이트 해리를 유도한다. 이에 의해 압력셀(1000)로부터 유체 배출포트(1151)를 통해 배출 되는 생산 유체는 후압력조절기(1400)에 연결되어 있는 가스-물 분리기(1410)를 이용하여 액체로부터 가스를 분리시킨 다음 습식가스미터(1420)로 가스의 양을 측정한다.

[0041] 감압 기간동안 사질생산 여부를 후방 카메라(1154) 영상을 통해 확인하고 감압후 압력셀(1000)을 해제하여 배출 된 시료의 무게와 입도를 측정한다. X-ray CT장치(1600)에 의한 X-ray CT 영상은 가스하이드레이트 생성 전후, 감압 전후에 취득한다.

[0042] 아래의 표1은 본 모사시스템에서 스크린을 통과하여 생산된 퇴적물의 양을 도시한 것이다. 스크린(1120)만으로 사질 조절을 하였을 경우, 사질 단일층과 사질-니질 교호층의 경우 퇴적 시료 전체 질량 대비 0.02% 이하의 사 질 생산을 보여 무시할 수 있는 수준의 양이나 니질 단일층의 경우 1.72g 생산되었으며 전체 질량 대비 0.15%가 량의 사질 생산을 보였다. 이러한 단독 니질층과 사질-니질 교호층 간의 결과 차이는 감압에 의한 압력 배출경 로의 차이에 기인하는 것으로 판단된다. 사질-니질 교호층의 경우 사질 생산량이 미미하긴 하나 가스 하이드레 이트 함유량이 많은 시료에서 사질생산이 증가한 것을 관찰할 수 있다. 그리고, 스크린(1120)과 그래블팩을 함 께 사용한 경우에는 니질층과 사질-니질층 모두 스크린(1120) 밖으로 생산된 퇴적물이 거의 배출되지 않았다.

[0043] 따라서 본 발명에서 그래블팩을 규격 사용시 실제 세립 퇴적물의 생산정 유입도 조절 가능성을 확인할 수 있었 다.

표 1

시료	머드	샌드+머드 (가스 하이드레 이트 함유 10%)	샌드+머드 (가스 하이드레 이트 함유 30%)	머드	샌드+머드 (가스 하이드레 이트 함유 10%)
조절 시스템		스크린		스크린+그래블팩	
생산 입자 상대비율(%)	0.15	0.01	0.02	-	-
생산 입자량(g)	1.72	0.12	0.24	-	-

[0045] 도5는 니질 단일층에서 스크린(1120)만 설치하였을 경우와 스크린(1120)과 그래블팩을 함께 설치 하였을 경우 사질 생산 양상의 차이를 보여주기 위한 것으로 감압 전, 감압 시, 감압 후 스크린(1120)의 사진을 보여준다. 스크린(1120)만 설치 한 경우 감압 시 생산시료로 인해 사진이 흐리게 된 것을 볼 수 있으며 감압 후 퇴적된 시 료의 모습을 볼 수 있다. 그리고 그래블팩을 스크린(1120)과 함께 설치 한 경우 감압 시 미미한 양의 시료가 배 출된 것을 볼 수 있다.

[0046] 한편, 도7은 본 발명에서의 X-ray CT장치를 이용하여 압력셀(1000) 내부의 퇴적층의 움직임을 촬영한 사진이다. 도7은 본 발명의 압력셀(1000) 수용공간에 사질퇴적층에 머드퇴적물을 패치형으로 넣어 충전한 후 물 흐름에 의 한 퇴적층의 움직임을 촬영한 것이다. 도7에서 흰색이 밀도가 높고 검은색이 밀도가 낮은 것을 나타내는 것으로, 물의 흐름에 의해 사질 퇴적층의 공극이 메워지고 시피지 포스(seepage force)에 의해 머드 패치가 압 축되어 밀도가 높아진 것이 관찰되어 퇴적층의 분포 양상의 변화를 포착 가능성을 확인할 수 있다.

[0047] 전술한 바와 같이 미고결 심해져 가스 하이드레이트 저류층에서 생산기법 적용에 의한 가스 생산은 사질생산을 동반할 것이 예상되고 사질생산은 각종 밸브, 파이프라인 부식, 분리기 내 모래 침전 등의 생산시설에 손상을 초래하며, 결과적으로 시추공 안정성 위협할 수 있는데, 본 발명에 따른 장치에서는 상기와 같이 가스 하이드레 이트 생산에 의한 사질생산을 모사함으로써 심해져 가스 하이드레이트 생산에 의해 예상되는 사질생산에 의한 생산시설 및 시추공 안정성 위협에 능동적 대처를 기대할 수 있고, 사질생산의 적절한 제어설비의 제시를 기대

할 수 있다는 점에서 중요한 의의를 가진다.

[0048] 또한, 심해저 가스 하이드레이트 생산은 심해 퇴적층의 변화 등 환경적 영향을 제기할 수 있는데, 본 발명에서는 X-ray CT장치를 구비하여 퇴적층의 분포 양상 변화를 예측할 수 있는 장점이 있다.

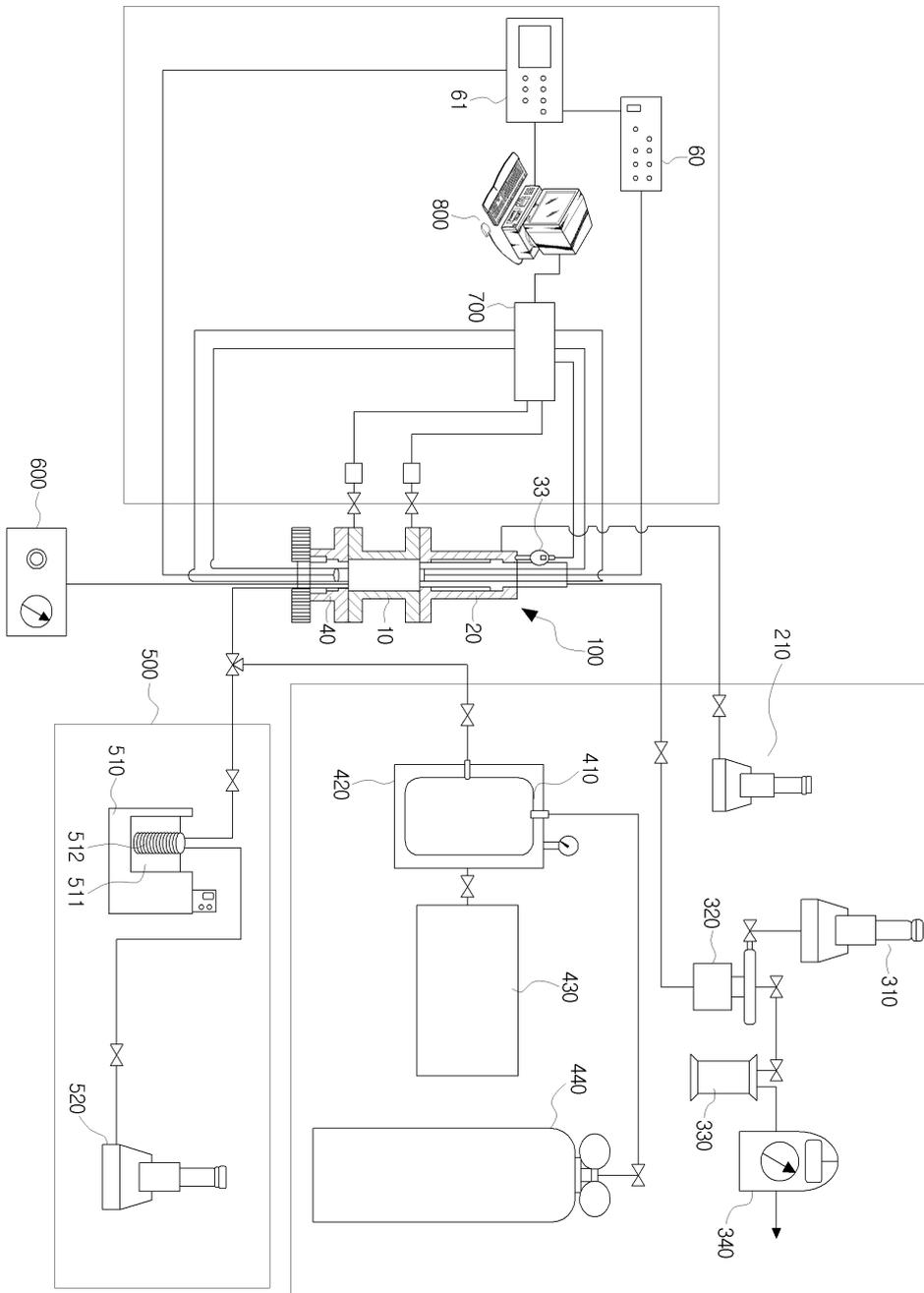
[0049] 이상, 본 발명을 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 아니하고, 당해 기술분야의 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 요지를 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변형이 가능할 수 있을 것이다.

부호의 설명

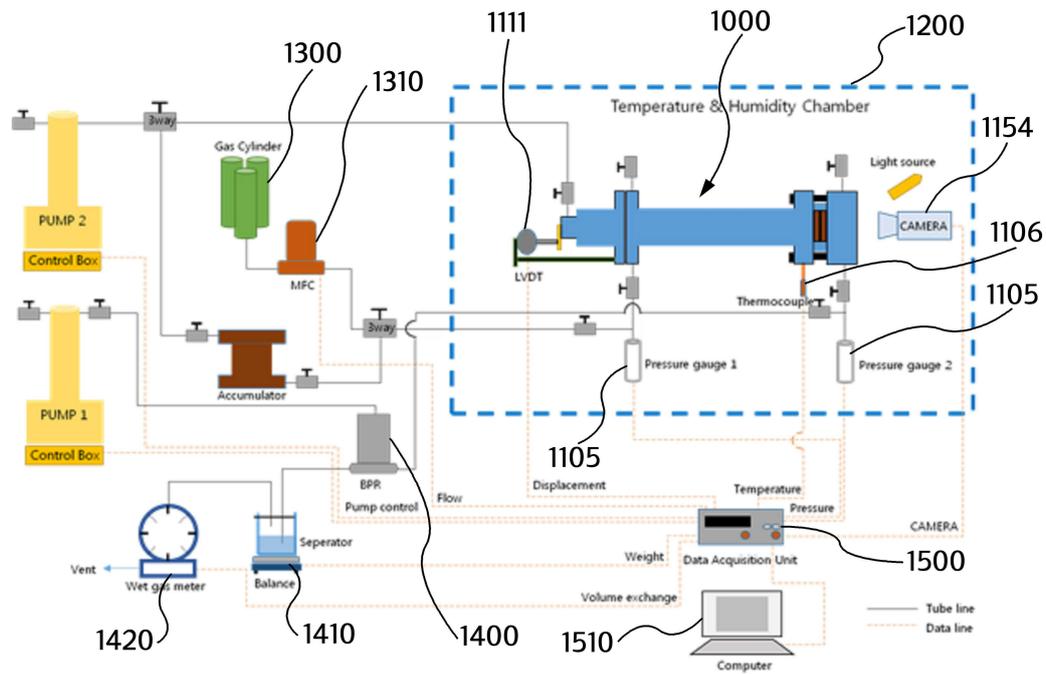
- | | | |
|--------|-------------------|-----------------|
| [0050] | 1000 : 압력셀 | 1100 : 압력셀의 바디 |
| | 1110 : 축압피스톤 | 1120 : 스크린 |
| | 1130 : 생산안내부재 | 1140 : 링부재 |
| | 1150 : 배출조립체 | 1200 : 항온항습챔버 |
| | 1300 : 가스실린더 | 1310 : 가스유량계 |
| | 1400 : 후압력조절기 | 1410 : 가스-물 분리기 |
| | 1420 : 습식가스미터 | 1500 : 데이터습득부 |
| | 1600 : X-ray CT장치 | |

도면

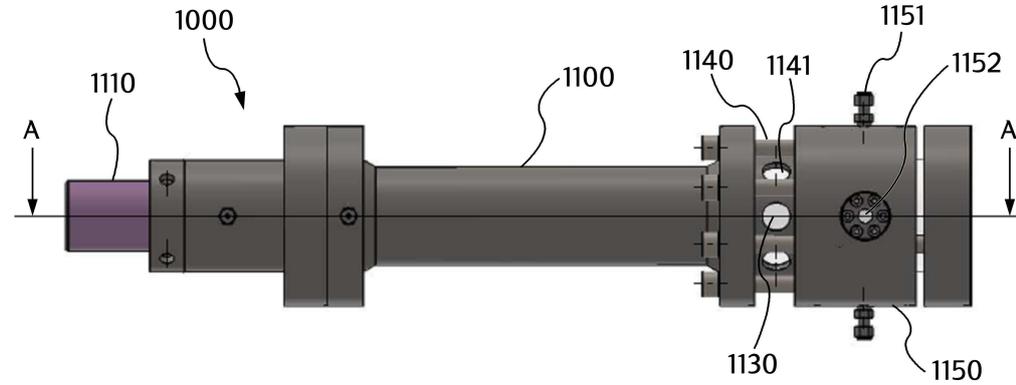
도면1



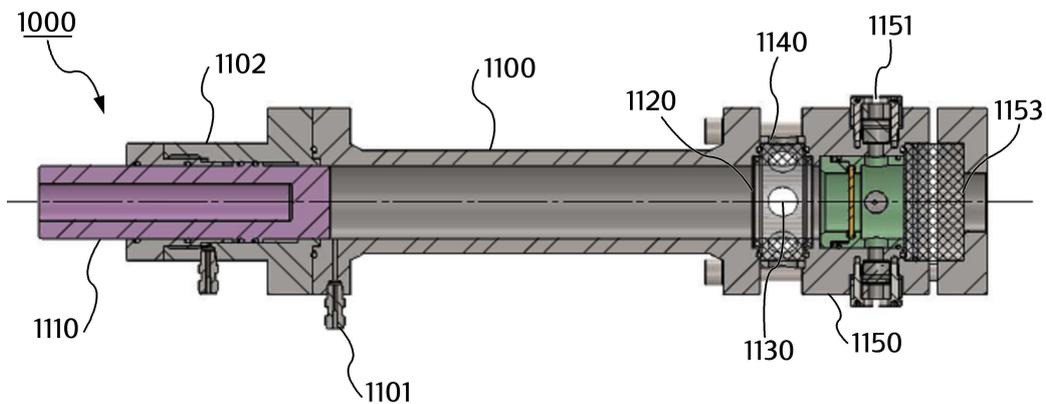
도면2



도면3



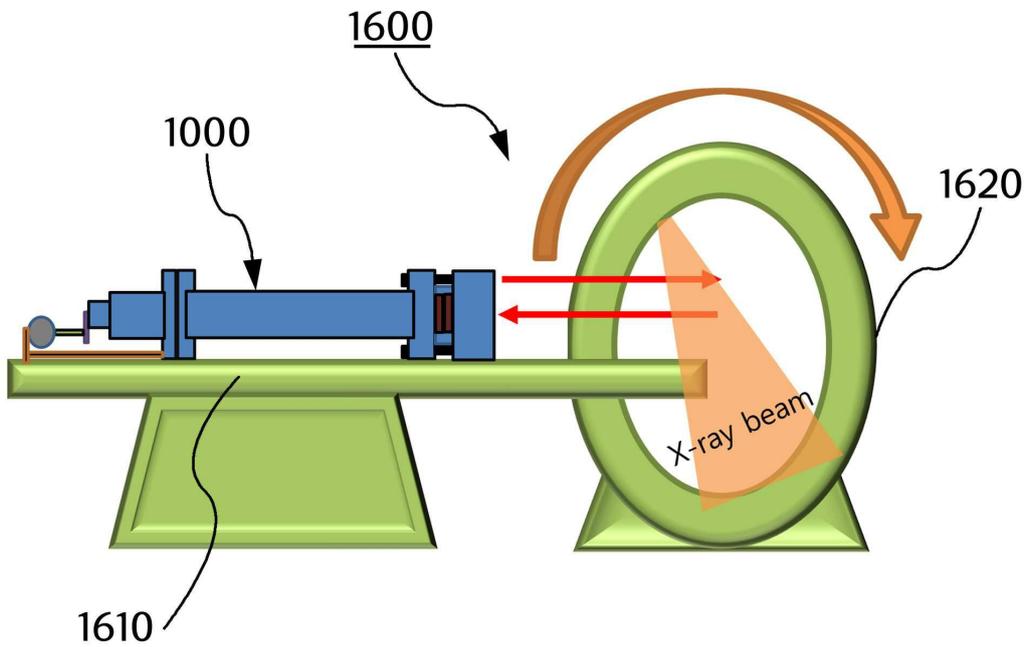
도면4



도면5



도면6



도면7

