



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년02월27일  
 (11) 등록번호 10-1368197  
 (24) 등록일자 2014년02월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01N 25/18 (2006.01) G01N 15/08 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2014-0008901  
 (22) 출원일자 2014년01월24일  
 심사청구일자 2014년01월24일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR101188124 B1  
 KR101197211 B1  
 KR101209585 B1  
 KR101248531 B1

(73) 특허권자  
 한국지질자원연구원  
 대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)  
 (72) 발명자  
**박찬희**  
 대전광역시 유성구 가정로 65 (신성동) 101동 905호  
**이성곤**  
 대전광역시 유성구 엑스포로 448 (전민동, 엑스포아파트) 302-1302  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**김정수**

전체 청구항 수 : 총 9 항

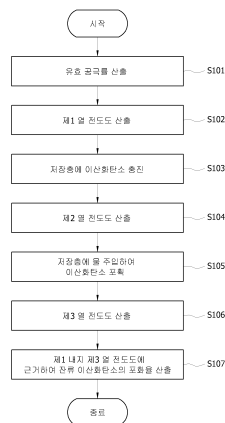
심사관 : 박재우

(54) 발명의 명칭 **이산화탄소 지중저장을 위한 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법 및 측정장치**

**(57) 요약**

본 발명은 이산화탄소 지중저장을 위한 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법 및 측정장치에 관한 것으로, 본 발명의 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법은, 저장층의 심도별 온도변화를 측정하여 상기 저장층의 제 1 열 전도도를 산출하는 제 1 단계와, 일정량의 이산화탄소를 상기 저장층에 주입하여 상기 저장층에 형성된 공극에 이산화탄소를 충전하는 제 2 단계와, 상기 저장층에 이산화탄소가 충전된 상태에서 상기 저장층의 심도별 온도변화를 측정하여 상기 저장층의 제 2 열 전도도를 산출하는 제 3 단계와, 상기 저장층에 이산화탄소가 충전된 상태에서 상기 저장층의 공극 내에 물을 주입하여 상기 저장층 내에 이산화탄소를 포획시키는 제 4 단계와, 상기 저장층 내에 이산화탄소를 포획한 상태에서 상기 저장층의 심도별 온도변화를 측정하여 상기 저장층의 제 3 열 전도도를 산출하는 제 5 단계와, 상기 제 1 열 전도도 내지 제 3 열 전도도에 근거하여 주입되는 물에 의해 상기 저장층에 포획되는 잔류 이산화탄소의 포화율을 산출하는 제 6 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

**대표도 - 도3**



(72) 발명자

**김성균**

대전광역시 동구 대전로542번길 121 (천동, 위드힐) 308동 501호

**신중호**

대전광역시 유성구 온천서로 35-24 (장대동, 아름아파트) 404호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NP2010-049

부처명 미래창조과학부

연구사업명 에너지자원기술개발사업

연구과제명 호주 오토웨이 파일럿 프로젝트를 통한 지중저장 실증 기반구축

기여율 1/1

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2010.11.01 ~ 2015.10.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

저장층의 심도별 온도변화를 측정하여 상기 저장층의 제 1 열 전도도를 산출하는 제 1 단계;

일정량의 이산화탄소를 상기 저장층에 주입하여 상기 저장층에 형성된 공극에 이산화탄소를 충전하는 제 2 단계;

상기 저장층에 이산화탄소가 충전된 상태에서 상기 저장층의 심도별 온도변화를 측정하여 상기 저장층의 제 2 열 전도도를 산출하는 제 3 단계;

상기 저장층에 이산화탄소가 충전된 상태에서 상기 저장층의 공극 내에 물을 주입하여 상기 저장층 내에 이산화탄소를 포획시키는 제 4 단계;

상기 저장층 내에 이산화탄소를 포획한 상태에서 상기 저장층의 심도별 온도변화를 측정하여 상기 저장층의 제 3 열 전도도를 산출하는 제 5 단계;

상기 제 1 열 전도도 내지 제 3 열 전도도에 근거하여 주입되는 물에 의해 상기 저장층에 포획되는 잔류 이산화탄소의 포화율을 산출하는 제 6 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 단계 이전에 상기 저장층으로부터 채취한 시료 샘플의 유효 공극률을 산출하는 단계를 더 포함하고,

산출된 상기 유효 공극률에 대응하는 일정량으로 상기 저장층에 상기 이산화탄소 및 물을 주입하는 것을 특징으로 하는 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 저장층에 주입되는 이산화탄소는 초임계 상태인 것을 특징으로 하는 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 저장층은 심부 대염수 층인 것을 특징으로 하는 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법.

### 청구항 5

지상으로부터 저장층까지 시추되어 형성된 시추공에 배치되는 주입 관정;

상기 주입 관정의 타단과 연결되어, 상기 저장층에 이산화탄소를 주입하는 이산화탄소 공급부;

상기 주입 관정의 타단과 연결되어, 상기 저장층에 물을 주입하는 물 공급부;

상기 이산화탄소 공급부 및 물 공급부의 동작을 제어하여 상기 주입 관정에 선택적으로 이산화탄소 또는 물을 주입하도록 제어하는 동작 제어부;

상기 저장층의 벽면에 길이 방향으로 이격되어 다수개 배치되고, 상기 저장층의 심도별 온도를 감지하는 온도 센서; 및

상기 온도 센서와 전기적으로 연결되고, 상기 온도 센서로부터 감지되는 온도로부터 상기 저장층의 열 전도도를 산출하여 상기 저장층의 공극 내에 잔류 이산화탄소의 포화율을 산출하는 이산화탄소 측정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 공극 내 잔류 이산화탄소 측정장치.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,

상기 저장층에 주입되는 이산화탄소는 초임계 상태인 것을 특징으로 하는 공극 내 잔류 이산화탄소 측정장치.

**청구항 7**

제 5 항에 있어서,

상기 저장층은 심부 대염수층인 것을 특징으로 하는 공극 내 잔류 이산화탄소 측정장치.

**청구항 8**

제 5 항에 있어서,

상기 이산화탄소 측정부는,

상기 다수의 온도 센서로부터 감지되는 상기 저장층의 심도별 온도변화를 측정하는 온도 측정모듈;

상기 온도 측정모듈을 통해 측정되는 최초 심도별 온도변화에 근거하여 상기 저장층의 제 1 열 전도도를 산출하는 제 1 열 전도도 산출모듈;

상기 저장층에 이산화탄소가 충전된 상태에서, 상기 온도 측정모듈을 통해 측정된 상기 저장층의 심도별 온도변화에 근거하여 상기 저장층의 제 2 열 전도도를 산출하는 제 2 열 전도도 산출모듈;

상기 저장층의 공극에 이산화탄소가 충전된 후, 상기 저장층의 공극 내에 물을 주입하고, 주입된 물에 의해 이산화탄소가 포획된 상태에서, 상기 온도 측정모듈을 통해 측정된 상기 저장층의 심도별 온도변화에 근거하여 상기 저장층의 제 3 열 전도도를 산출하는 제 3 열 전도도 산출모듈; 및

산출된 제 1 열 전도도 내지 제 3 열 전도도에 근거하여 공극 내 잔류 이산화탄소 포화율을 산출하는 잔류 이산화탄소 포화율 산출모듈;을 포함하는 것을 특징으로 하는 공극 내 잔류 이산화탄소 측정장치.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서,

상기 동작 제어부는,

상기 제 1 열 전도도 산출모듈을 통해 상기 저장층의 제 1 열 전도도가 산출되면, 상기 저장층에 이산화탄소가 주입되도록 상기 이산화탄소 공급부의 동작을 제어하고,

상기 저장층에 이산화탄소가 충전된 상태에서 상기 제 2 열 전도도 산출모듈을 통해 상기 저장층의 제 2 열 전도도가 산출되면, 상기 저장층에 물이 주입되도록 상기 물 공급부의 동작을 제어하는 것을 특징으로 하는 공극 내 잔류 이산화탄소 측정장치.

**명세서**

**기술분야**

본 발명은 지층의 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법 및 측정장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 지중에 이산화탄소를 저장하기 위하여 변화되는 열전도도를 측정하여 지층의 공극 내 주입되는 이산화탄소의 양을 측정할

[0001]

수 있는 이산화탄소 지중저장을 위한 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법 및 측정장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0002] 산업화의 발전 및 화석 연료의 사용 등으로 발생하는 온실가스로 인해 지구 온난화 문제가 심각하게 대두되고 있다.
- [0003] 지구 온난화를 유발할 수 있는 온실가스는, 예를 들어, 메탄, 프레온가스, 이산화탄소 등 그 종류가 다양하지만, 이들 중 이산화탄소가 규제가능한 가스(controllable gas)로서 전체에서 차지하는 비중이 80%로 가장 크므로 온실가스 문제는 주로 이산화탄소에 초점이 맞춰져 있다.
- [0004] 이산화탄소 감축기술의 하나로써 최근에 이산화탄소 포집 및 저장기술(CCS : Carbon Dioxide Capture and Storage)이 주목받고 있다.
- [0005] 이산화탄소 포집 및 저장기술이란 기후변화 및 교토의정서 상의 온실가스 감축요구에 대응하기 위하여 발전소 및 제철소 등 대규모의 이산화탄소 발생원으로부터 포집한 이산화탄소를 파이프라인이나 선박 등을 통해 수송하여 육상 또는 해양의 석유전, 가스전, 심부 대염수층, 저류층 및 석탄층 등에 수백 년 이상 저장 및 관리하는 기술을 말한다.
- [0006] 이산화탄소의 지중저장은 주입되는 이산화탄소가 지층의 공극 내에 저장되어 있는 공극수와 비혼합상태로 미세 공극의 표면에 흡착되어 고정된 상태로 저장될 수 있다.
- [0007] 이러한 지층에 이산화탄소를 저장하기 위하여, 이산화탄소의 고압주입을 위한 효율적인 지상 설비의 운영 및 주입된 이산화탄소의 누출을 방지할 수 있는 기술이 필요하다.
- [0008] 이산화탄소 지중 저장기술과 관련하여, 등록특허 제10-1166788호는, 초임계 이산화탄소의 지층내 주입효율 향상을 위한 주입관정 시스템에 관한 것으로, 액체의 밀도와 기체의 점성도를 가지는 초임계 상태의 이산화탄소를 지층의 주입대상지층에 주입하기 위하여 지표로부터 주입대상지층까지 형성되는 관정홀과, 관정홀 바닥에 형성되는 그라우팅부와, 초임계 이산화탄소가 주입관정으로부터 주입대상지층으로 유동할 수 있도록 통로 역할을 하는 주입대상 구간에 설치되는 스크린부와, 지표로부터 주입대상구간 상단까지 설치되는 케이싱부와, 상기 스크린부와 공벽 사이에 형성되는 주입부와, 상기 케이싱부와 공벽 사이에 형성되는 그라우팅부와, 상기 주입부와 그라우팅부 간에 형성되는 외부패킹부와, 상기 케이싱부 상측을 덮는 뚜껑과, 상기 뚜껑을 관통하여 설치되는 주입관과, 주입관과 케이싱내부 사이에 형성되는 내부패킹부로 구성되어, 지층내 이산화탄소의 주입효율을 향상시킬 수 있는 기술이 개시되고 있다.
- [0009] 이산화탄소의 지중저장에 있어서, 지층 내에 이산화탄소의 저장 가능한 용량을 예측해야 할 필요가 있다. 그러나, 상기와 같은 종래의 기술은 이산화탄소를 지층의 공극 내에 이산화탄소를 주입하여 저장하는 기술에 대해서 개시되어 있을 뿐, 저장 능력을 평가할 수 있는 기술적 특징은 개시되어 있지 않고 있다.
- [0010] 또한, 종래 기술과 같이 지층 내에 이산화탄소를 주입하여 공극 내에 직접 저장하는 경우, 지진이나 기타 지질학적 변화에 의해 저장된 이산화탄소의 누출로 발생될 수 있는 위험, 예를 들어 지질이나 해수의 산성화 등이 야기될 수 있다는 문제점이 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0011] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 이산화탄소의 지중 저장을 위해, 저장층에서 변화되는 열 전도도에 근거하여 저장 가능한 이산화탄소의 양을 산출함으로써 효율적인 이산화탄소 지중저장 능력을 향상시킬 수 있는 이산화탄소 지중저장을 위한 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법 및 측정장치의 제공을 목적으로 한다.
- [0012] 또한, 본 발명은 공극 내에 이산화탄소 충전 후, 물을 주입하여 주입되는 물에 이산화탄소가 포집되어 공극 내에 저장됨으로써 지질학적 변화에 의해 지층에 균열이 발생하여도 이산화탄소의 누출을 방지하여 안전하게 이산화탄소를 저장할 수 있도록 한 잔류 이산화탄소의 포화도를 산출할 수 있는 이산화탄소 지중저장을 위한 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법 및 측정장치의 제공을 목적으로 한다.
- [0013] 그러나 본 발명의 목적은 상기에 언급된 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0014] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법은, 저장층의 심도별 온도변화를 측정하여 상기 저장층의 제 1 열 전도도를 산출하는 제 1 단계와, 일정량의 이산화탄소를 상기 저장층에 주입하여 상기 저장층에 형성된 공극에 이산화탄소를 충전하는 제 2 단계와, 상기 저장층에 이산화탄소가 충전된 상태에서 상기 저장층의 심도별 온도변화를 측정하여 상기 저장층의 제 2 열 전도도를 산출하는 제 3 단계와, 상기 저장층에 이산화탄소가 충전된 상태에서 상기 저장층의 공극 내에 물을 주입하여 상기 저장층 내에 이산화탄소를 포획시키는 제 4 단계와, 상기 저장층 내에 이산화탄소를 포획한 상태에서 상기 저장층의 심도별 온도변화를 측정하여 상기 저장층의 제 3 열 전도도를 산출하는 제 5 단계와, 상기 제 1 열 전도도 내지 제 3 열 전도도에 근거하여 주입되는 물에 의해 상기 저장층에 포획되는 잔류 이산화탄소의 포화율을 산출하는 제 6 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 본 발명에 따른 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법은, 상기 제 1 단계 이전에 상기 저장층으로부터 채취한 시료 샘플의 유효 공극률을 산출하는 단계를 더 포함하고, 산출된 상기 유효 공극률에 대응하는 일정량으로 상기 저장층에 상기 이산화탄소 및 물을 주입하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 본 발명에 따른 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법은, 상기 저장층에 주입되는 이산화탄소가 초임계 상태인 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한, 본 발명에 따른 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법은, 상기 저장층이 심부 대염수 층인 것을 특징으로 한다.
- [0018] 본 발명에 따른 공극 내 잔류 이산화탄소 측정장치는, 지상으로부터 저장층까지 시추되어 형성된 시추공에 배치되는 주입 관정과, 상기 주입 관정의 타단과 연결되어, 상기 저장층에 이산화탄소를 주입하는 이산화탄소 공급부와, 상기 주입 관정의 타단과 연결되어, 상기 저장층에 물을 주입하는 물 공급부와, 상기 이산화탄소 공급부 및 물 공급부의 동작을 제어하여 상기 주입 관정에 선택적으로 이산화탄소 또는 물을 주입하도록 제어하는 동작 제어부와, 상기 저장층의 벽면에 길이 방향으로 이격되어 다수개 배치되고, 상기 저장층의 심도별 온도를 감지하는 온도 센서 및 상기 온도 센서와 전기적으로 연결되고, 상기 온도 센서로부터 감지되는 온도로부터 상기 저장층의 열 전도도를 산출하여 상기 저장층의 공극 내에 잔류 이산화탄소의 포화율을 산출하는 이산화탄소 측정부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 본 발명에 따른 공극 내 잔류 이산화탄소 측정장치는, 상기 이산화탄소 측정부가 상기 다수의 온도 센서로부터 감지되는 상기 저장층의 심도별 온도변화를 측정하는 온도 측정모듈과, 상기 온도 측정모듈을 통해 측정되는 최초 심도별 온도변화에 근거하여 상기 저장층의 제 1 열 전도도를 산출하는 제 1 열 전도도 산출모듈과, 상기 저장층에 이산화탄소가 충전된 상태에서, 상기 온도 측정모듈을 통해 측정된 상기 저장층의 심도별 온도변화에 근거하여 상기 저장층의 제 2 열 전도도를 산출하는 제 2 열 전도도 산출모듈과, 상기 저장층의 공극에 이산화탄소가 충전된 후, 상기 저장층의 공극 내에 물을 주입하고, 주입된 물에 의해 이산화탄소가 포획된 상태에서, 상기 온도 측정모듈을 통해 측정된 상기 저장층의 심도별 온도변화에 근거하여 상기 저장층의 제 3 열 전도도를 산출하는 제 3 열 전도도 산출모듈 및 산출된 제 1 열 전도도 내지 제 3 열 전도도에 근거하여 공극 내 잔류 이산화탄소 포화율을 산출하는 잔류 이산화탄소 포화율 산출모듈을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 아울러, 본 발명에 따른 공극 내 잔류 이산화탄소 측정장치는, 상기 동작 제어부가 상기 제 1 열 전도도 산출모듈을 통해 상기 저장층의 제 1 열 전도도가 산출되면, 상기 저장층에 이산화탄소가 주입되도록 상기 이산화탄소 공급부의 동작을 제어하고, 상기 저장층에 이산화탄소가 충전된 상태에서 상기 제 2 열 전도도 산출모듈을 통해 상기 저장층의 제 2 열 전도도가 산출되면, 상기 저장층에 물이 주입되도록 상기 물 공급부의 동작을 제어하는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

[0021] 본 발명의 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법 및 측정장치에 따르면, 이산화탄소의 지중 저장을 위해, 저장층에서 변화되는 열 전도도에 근거하여 저장 가능한 이산화탄소의 양을 산출함으로써 효율적인 이산화탄소 지중저장 능력을 향상시킬 수 있는 이점이 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 따르면 저장층의 공극 내에 이산화탄소 충전 후, 물을 주입하여 주입되는 물에 이산화탄소가 포집되어 공극 내에 저장됨으로써 지질학적 변화에 의해 지층에 균열이 발생하여도 이산화탄소의 누출을 방지하여 안전하게 이산화탄소를 저장할 수 있도록 한 잔류 이산화탄소의 포화도를 산출할 수 있는 이점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0023] 도 1은, 본 발명에 따른 공극 내 잔류 이산화탄소 측정장치의 구성을 개략적으로 나타내는 구성도이다.  
 도 2는, 본 발명의 잔류 이산화탄소 측정장치를 이루는 이산화탄소 측정부의 구성을 개략적으로 나타내는 블럭도이다.  
 도 3은, 본 발명에 따른 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법을 나타내는 흐름도이다.  
 도 4 내지 도 9는, 본 발명에 따라 공극 내에 충전된 이산화탄소가 주입되는 물에 의해 포획되어 저장되는 상태를 나타내는 예시도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0024] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예의 상세한 설명은 첨부된 도면들을 참조하여 설명할 것이다. 하기에서 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0025] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.



- [0026] 도 1은 본 발명에 따른 공극 내 잔류 이산화탄소 측정장치의 구성을 개략적으로 나타내는 구성도이고, 도 2는 잔류 이산화탄소 측정장치를 이루는 이산화탄소 측정부의 구성을 개략적으로 나타내는 블록도이다.
- [0027] 도면을 참조하면, 공극 내 잔류 이산화탄소 측정장치(1)는, 지상으로부터 저장층(2), 예를 들어 심부 대염수층의 일정 깊이까지 시추되어 형성된 시추공(3)에 일단이 저장층(2)에 위치하도록 시추공(3)에 배치되는 주입 관정(10), 이 주입 관정(10)의 타단에 연결되는 이산화탄소 공급부(20) 및 물 공급부(30), 온도 센서(40), 이산화탄소 측정부(50)와, 동작 제어부(60)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0028] 이산화탄소 공급부(20) 및 물 공급부(30)는 주입 관정(10)의 타단과 각각 연결되어 저장층(2)에 이산화탄소와 물을 각각 주입할 수 있다. 이때, 이산화탄소 공급부(20)에서 저장층(2)에 공급되는 이산화탄소는 초임계(supercritical) 상태로, 예를 들어, 임계온도 31.1℃, 임계압력 73.8 Bar 이상을 유지하는 것이 바람직하다.
- [0029]
- [0030] 또한, 온도 센서(40)는 시추공(3)의 일측면 또는 양측면, 즉 저장층(2)의 벽면에 길이 방향으로 이격되어 다수 개 배치되어 저장층(2)의 심도별 온도 변화를 감지할 수 있다.
- [0031] 온도 센서(40)와 전기적으로 연결되는 이산화탄소 측정부(50)는 온도 센서로부터 감지되는 온도 변화에 근거하여 저장층(2)의 열 전도도를 산출함으로써, 저장층(2)에 형성된 공극(4) 내에 잔류 이산화탄소의 포화율을 산출할 수 있다.
- [0032] 또한, 동작 제어부(60)에서는 이산화탄소 또는 물이 저장층(2)의 공극 내에 충전될 수 있도록, 이산화탄소 공급부(20) 및 물 공급부(30)의 동작을 제어하여 주입 관정(10)에 선택적으로 이산화탄소 또는 물을 제공할 수 있다.
- [0033] 도 2에 나타난 바와 같이, 저장층(2)의 열 전도도를 산출하여 공극(4) 내에 잔류 이산화탄소의 포화율을 산출하는 이산화탄소 측정부(50)는, 온도 측정모듈(100), 제 1 내지 제 3 열 전도도 산출모듈(210, 220, 230)로 구성되는 열 전도도 산출모듈(200) 및 잔류 이산화탄소 포화율 산출모듈(300)을 포함할 수 있다.
- [0034] 온도 측정모듈(100)에서는 다수의 온도 센서(40)로부터 감지되는 저장층(2)의 심도별 온도 변화를 측정할 수 있고, 제 1 열 전도도 산출모듈(210)에서는 온도 측정모듈(100)을 통해 측정되는 최초 심도별 온도변화에 근거하여 저장층(2)의 제 1 열 전도도를 산출할 수 있다.
- [0035] 제 2 열 전도도 산출모듈(220)은 이산화탄소 공급부(20)를 통해 공급되는 이산화탄소가 저장층(2)의 공극(4)에 충전된 상태에서, 온도 측정모듈(100)을 통해 측정된 저장층(2)의 심도별 온도 변화에 근거하여 저장층(2)의 제 2 열 전도도를 산출할 수 있다.
- [0036] 또한, 제 3 열 전도도 산출모듈(230)에서는 저장층(2)의 공극(4)에 이산화탄소가 충전된 후, 저장층(2)의 공극(4) 내에 물을 주입하고, 공극(4)에 주입되는 물에 의해 이산화탄소가 포획된 상태에서, 온도 측정모듈(100)을 통해 측정된 저장층(2)의 심도별 온도 변화에 근거하여 저장층(2)의 제 3 열 전도도를 산출할 수 있다.
- [0037] 잔류 이산화탄소 포화율 산출모듈(300)에서는 제 1 내지 제 3 열 전도도 산출모듈(210, 220, 230)을 통해 산출된 제 1 열 전도도 내지 제 3 열 전도도에 근거하여 공극 내 잔류 이산화탄소 포화율, 즉 주입된 물에 포획된



잔류 이산화탄소의 포화율을 산출할 수 있다.

- [0038] 도 3은 본 발명에 따른 공극 내 잔류 이산화탄소 측정방법을 나타내는 흐름도이고, 도 4 내지 도 9는 본 발명에 따라 공극 내에 충전된 이산화탄소가 주입되는 물에 의해 포획되어 저장되는 상태를 예시적으로 나타내는 예시도이다. 도 1 내지 도 9를 참조하여, 잔류 이산화탄소 측정방법에 대해 상세히 설명하면 아래와 같다.
- [0039] 먼저, 지상으로부터 저장층(2), 예를 들어 심부 대염수층의 일정 깊이를 시추하여 시료 샘플을 채취한 후, 도 4에 나타낸 바와 같이 이 시료 샘플의 유효 공극률을 산출하고(S101), 저장층(2)에 깊이별로 배치되는 온도 센서(40)로부터 감지된 저장층(2)의 심도별 온도 변화로부터 제 1 열 전도도 산출모듈(210)에서는 저장층(2)의 제 1 열 전도도를 산출한다(S102).
- [0040] 이후, 동작 제어부(60)에서는, 도 5 내지 도 7에 나타낸 바와 같이, 이산화탄소 공급부(20)의 동작을 제어하여 시료 샘플로부터 산출된 유효 공극률에 대응하는 일정량의 이산화탄소를 고압으로 저장층(2)에 주입하여 저장층(2)에 형성된 공극(4)에 이산화탄소(6)를 충전시킨다(S103).
- [0041] 이때, 주입되는 이산화탄소(6)는 공극(4)에 충전되어 있던 물(5), 예를 들어, 염수를 공극(4)에서 밀어낸 후 충전될 수 있다. 또한, 이때 이산화탄소(6)는 초임계(supercritical) 상태로, 예를 들어, 임계온도 31.1℃, 임계압력 73.8 Bar 이상을 유지할 수 있다.
- [0042] 다음에, 저장층(2)의 공극(4)에 이산화탄소(6)가 충전된 상태에서, 온도 측정모듈(100)을 통해 저장층(2)의 심도별 온도 변화를 측정하고, 제 2 열 전도도 산출모듈(220)에서는 측정된 온도 변화에 근거하여, 이산화탄소가 충전된 저장층(2)의 제 2 열 전도도를 산출한다(S104).
- [0043] 이후, 동작 제어부(60)는, 도 8 내지 도 9에 나타낸 바와 같이, 물 공급부(30)의 동작을 제어하여, 저장층(2)에 이산화탄소(6)가 공극(4)에 충전된 상태에서 공극(4) 내에 물(7)을 주입하여 저장층(2)의 공극(4) 내에서 충전된 이산화탄소(6)를 일부 밀어내고, 잔여 이산화탄소(6)를 포획시킨다(S105).
- [0044] 저장층(2)의 공극(4)에서 주입된 물(7)에 의해 잔여 이산화탄소(6)가 포획된 상태에서, 온도 측정모듈(100)을 통해 측정된 저장층(2)의 심도별 온도 변화에 근거하여 제 3 열 전도도 산출모듈(230)에서는 이산화탄소(6)가 물(7)에 포획된 저장층(2)의 제 3 열 전도도를 산출한다(S106).
- [0045] 이후, 잔류 이산화탄소 포화율 산출모듈(300)에서는, 열 전도도 산출모듈(200)을 통해 산출된 제 1 열 전도도 내지 제 3 열 전도도에 근거하여, 저장층(2)의 공극(4)에서 물(7)에 의해 포획된 잔류 이산화탄소의 포화율을 산출한다(S107).
- [0046] 상기와 같이, 저장층의 공극 내에 이산화탄소 충전 후, 물을 주입하여 주입되는 물에 이산화탄소가 포집되어 공극 내에 저장됨으로써 지질학적 변화에 의해 지층에 균열이 발생하여도 이산화탄소의 누출을 방지하여 안전하게 저장할 수 있도록 한 공극 내에 잔류하는 이산화탄소의 포화율을 산출할 수 있는 특징이 있다.
- [0047] 상기 본 발명의 내용은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

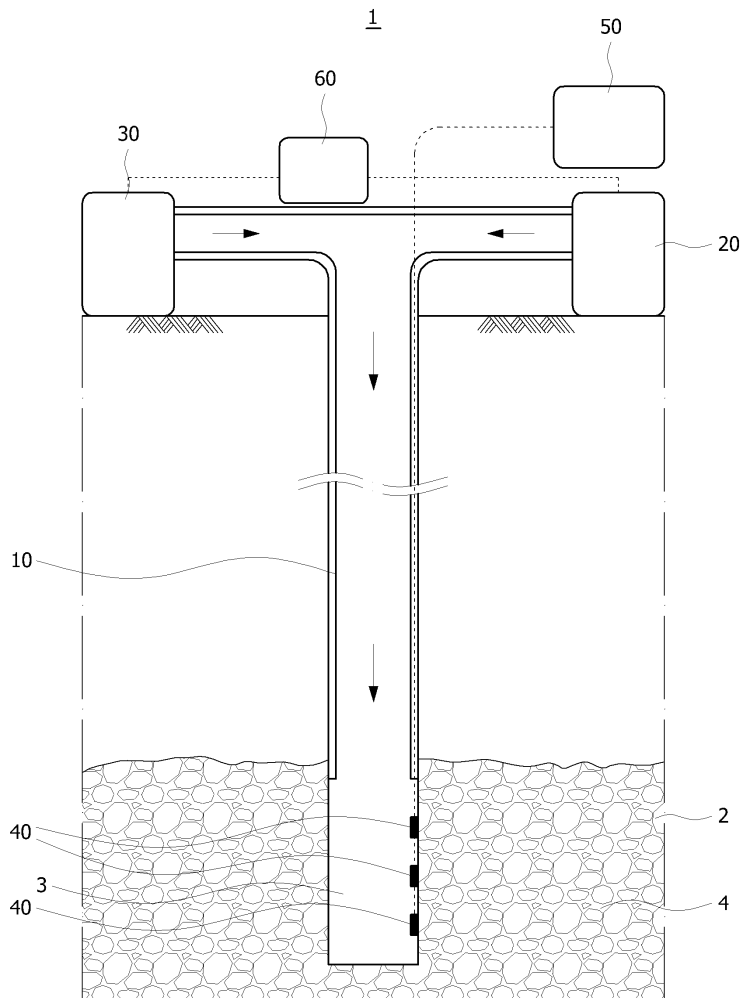
**부호의 설명**

[0048]

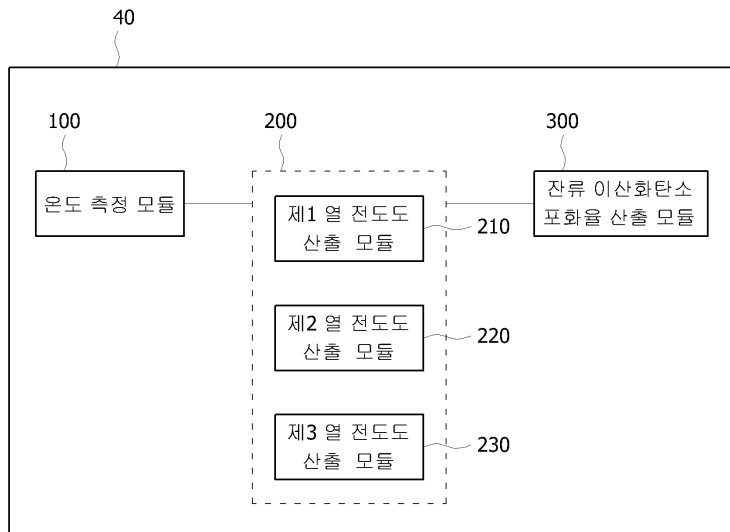
- 1 : 잔류 이산화탄소 측정장치
- 10 : 주입 관정
- 20 : 이산화탄소 공급부
- 30 : 물 공급부
- 40 : 온도 센서
- 50 : 이산화탄소 측정부
- 60 : 동작 제어부
- 100 : 온도 측정모듈
- 200 : 열 전도도 산출모듈
- 300 : 잔류 이산화탄소 포화율 산출모듈

**도면**

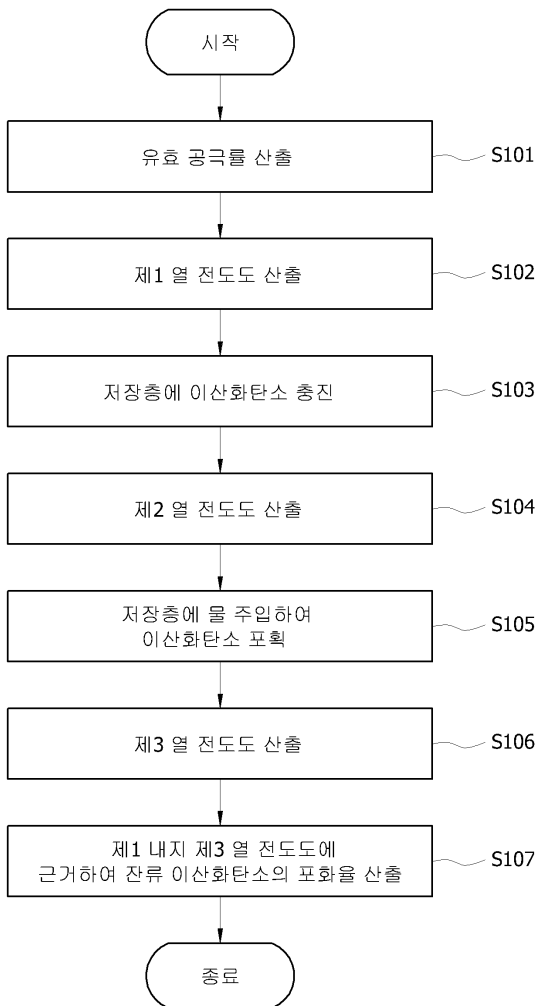
**도면1**



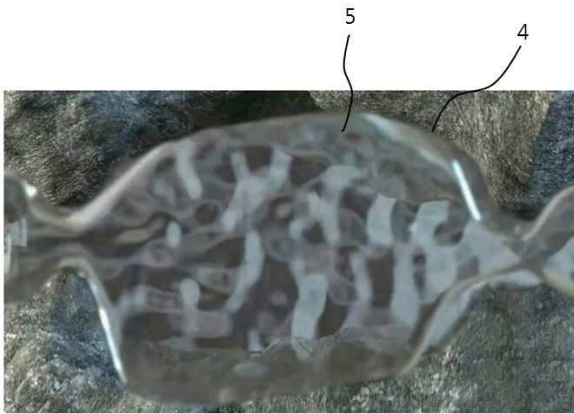
도면2



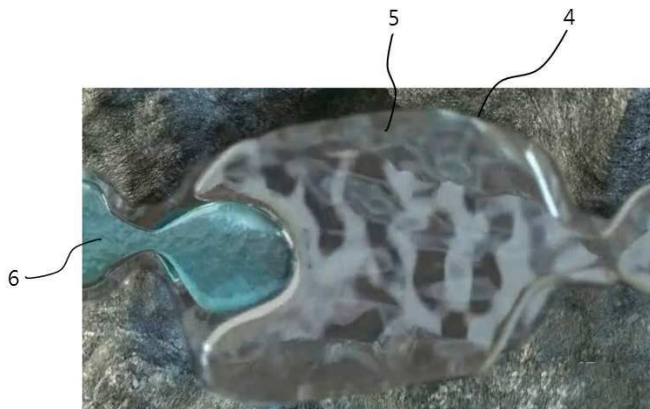
도면3



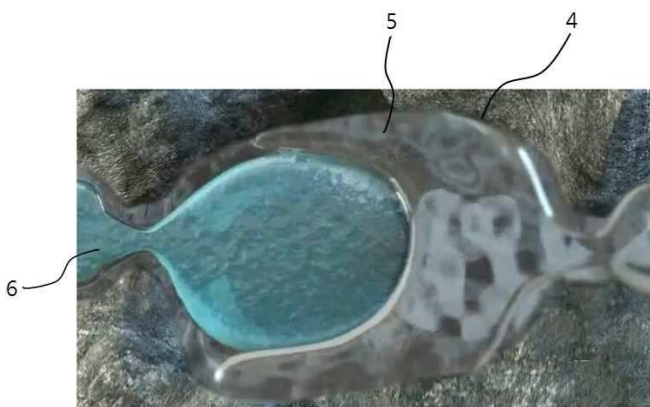
도면4



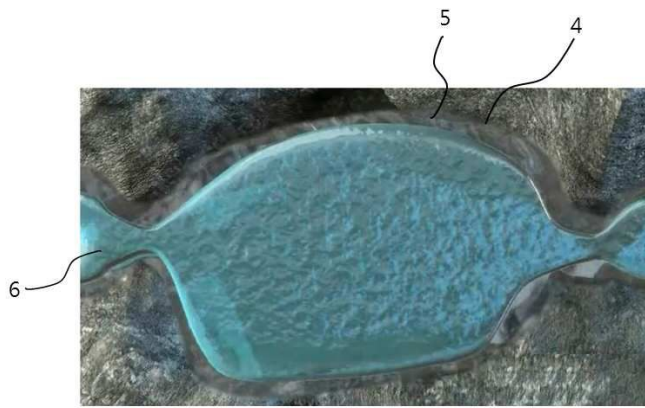
도면5



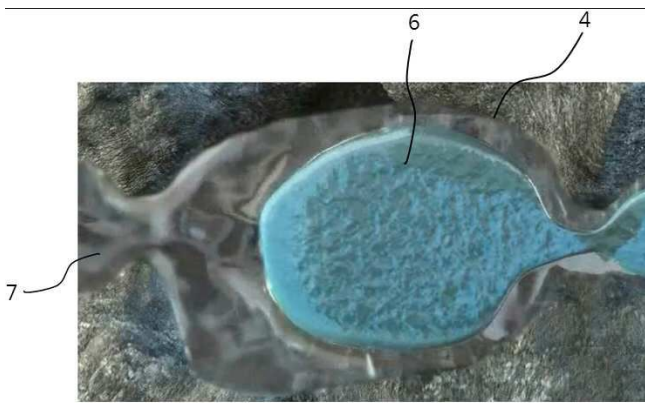
도면6



도면7



도면8



도면9

