



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년11월04일
 (11) 등록번호 10-1080095
 (24) 등록일자 2011년10월31일

(51) Int. Cl.
 G01N 27/00 (2006.01) G01N 27/12 (2006.01)
 G01N 35/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2009-0089008
 (22) 출원일자 2009년09월21일
 심사청구일자 2009년09월21일
 (65) 공개번호 10-2011-0031665
 (43) 공개일자 2011년03월29일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2008203124 A*
 JP2006500563 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 한국지질자원연구원
 대전 유성구 가정동 30번지
 (72) 발명자
 성기성
 인천광역시 부평구 산곡2동 222 한신휴아파트
 105-708
 채기탁
 경기도 용인시 수지구 성북동 LG2차 빌리지아파트
 204동 1504호
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인 대아

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 여경숙

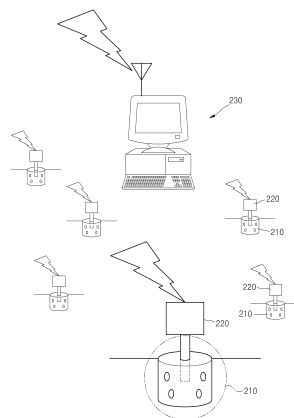
(54) 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템 및 모니터링 방법

(57) 요약

이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소의 농도를 감지하기 위한 장치, 모니터링 시스템 및 모니터링 방법에 대하여 개시한다.

본 발명에 따른 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템은 지표면 아래 비포화대에 매설되며 통 형상을 갖는 챔버와, 상기 챔버 측면에 형성되는 기체 유입구와, 상기 챔버 상부에 관통 형성되며 상기 챔버 내의 기체에 포함된 이산화탄소의 농도를 측정하는 이산화탄소 농도 측정 센서를 각각 포함하는 복수의 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치; 상기 이산화탄소 농도 측정 센서로부터 출력되는 이산화탄소 농도를 전송하는 복수의 통신 장치; 및 시간대별로 기준 이산화탄소 농도를 저장하며, 상기 통신 장치로부터 전송되는 측정 이산화탄소 농도와 상기 기준 이산화탄소 농도를 비교하여 정상 신호 또는 이상 신호를 출력하는 모니터링 서버;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

김정찬

대전광역시 유성구 도룡동 391 타운하우스 8동 204호

김태희

대전광역시 유성구 지족동 열매마을4단지 403동 904호

김구영

대전광역시 유성구 전민동 청구나래아파트 104동 1303호

염병우

대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 506동 704호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2009-021

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 기본사업

연구과제명 CO2 지중저장 요소기술 개발 기획연구

기여율

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2009년 01월 01일~2011년 12월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소의 농도를 모니터링하기 위한 시스템에 있어서,

지표면 아래 비포화대에 매설되며, 통 형상을 갖는 챔버와, 상기 챔버 측면에 형성되는 기체 유입구와, 상기 챔버 상부에 관통 형성되며 상기 챔버 내의 기체에 포함된 이산화탄소의 농도를 측정하는 이산화탄소 농도 측정 센서를 각각 포함하는 복수의 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치;

상기 이산화탄소 농도 측정 센서로부터 출력되는 이산화탄소 농도를 전송하는 복수의 통신 장치; 및

시간대별로 기준 이산화탄소 농도를 저장하며, 상기 통신 장치로부터 전송되는 측정 이산화탄소 농도와 상기 기준 이산화탄소 농도를 비교하여 정상 신호 또는 이상 신호를 출력하는 모니터링 서버;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 모니터링 서버의 상기 이상 신호에 응답하여 경보를 출력하는 경보 장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 모니터링 서버는

상기 전송되는 측정 이산화탄소 농도와 상기 기준 이산화탄소 농도를 비교하여, 상기 측정 이산화탄소 농도가 상기 기준 이산화탄소 농도보다 일정값 이상 클 경우, 상기 이상 신호를 발생시키는 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 모니터링 서버는 상기 기준 이산화탄소 농도보다 상기 측정 이산화탄소 농도가 특정수치 이상인 경우, 상기 이상 신호를 발생시키는 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 모니터링 서버는 상기 측정 이산화탄소 농도가 상기 기준 이산화탄소 농도의 특정비율 이상인 경우, 상기 이상 신호를 발생시키는 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 모니터링 서버는

상기 통신 장치로부터 상기 측정 이산화탄소 농도를 입력받는 입력부;

시간대별로 상기 기준 이산화탄소 농도를 저장하는 데이터 저장부;

상기 측정 이산화탄소 농도와 상기 기준 이산화탄소 농도를 비교하는 비교부; 및

상기 비교부의 결과신호에 따라 상기 정상신호 또는 이상신호를 출력하는 출력부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템.

청구항 13

제7항에 있어서,

상기 이산화탄소 농도 측정 센서는 비분산적외선(NDIR) 센서인 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템.

청구항 14

제7항에 있어서,

상기 기체 유입구는 메쉬 형태로 이루어진 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템.

청구항 15

제7항에 있어서,

상기 챔버 측면에 형성되며, 알칼리토금속 수산화물이 상기 챔버 내부로 공급되어 저장되는 알칼리토금속 수산화물 유입 및 저장부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 알칼리토금속 수산화물은 $Mg(OH)_2$, $Ca(OH)_2$, 및 $Ba(OH)_2$ 중 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템.

청구항 17

제7항에 있어서,

상기 챔버는 스테인리스 스틸 재질로 이루어진 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템.

청구항 18

이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소 농도를 모니터링하는 방법에 있어서,

(a) 이산화탄소 농도 감지 장치에서 이산화탄소가 지중 저장될 부지의 비포화대 이산화탄소의 농도를 시간대별로 측정하여, 통신 장치를 통하여 모니터링 서버로 전송하고, 상기 모니터링 서버에서 전송된 비포화대 이산화탄소의 농도를 기준 이산화탄소 농도로 저장하는 단계;

(b) 이산화탄소의 지중 저장이 시작된 후, 상기 이산화탄소 농도 감지 장치에서 상기 비포화대의 이산화탄소의 농도를 측정하여, 상기 통신 장치를 통하여 모니터링 서버로 전송하는 단계; 및

(c) 상기 모니터링 서버에서 측정 이산화탄소의 농도와 상기 기준 이산화탄소 농도를 비교하여, 정상 신호 또는 이상 신호를 출력하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

(d) 상기 모니터링 서버에서 상기 이상 신호가 출력될 경우, 경보를 출력하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 방법.

청구항 20

제18항에 있어서,

상기 (c)단계에서 상기 모니터링 서버는

상기 측정된 이산화탄소 농도와 상기 기준 이산화탄소 농도를 비교하여, 상기 측정된 이산화탄소 농도가 상기 기준 이산화탄소 농도보다 일정값 이상 클 경우, 상기 이상 신호를 발생시키는 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 방법.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 모니터링 서버는 상기 기준 이산화탄소 농도보다 상기 측정 이산화탄소 농도가 특정수치 이상인 경우, 상기 이상 신호를 발생시키는 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 방법.

청구항 22

제20항에 있어서,

상기 모니터링 서버는 상기 측정 이산화탄소 농도가 상기 기준 이산화탄소 농도의 특정비율 이상인 경우, 상기 이상 신호를 발생시키는 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 방법.

청구항 23

제18항에 있어서,

상기 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치는

지표면 아래 비포화대에 매설되며, 통 형상을 갖는 챔버;

상기 챔버 측면에 형성되는 기체 흡입구;

상기 챔버 상부에 관통 형성되며 상기 챔버 내의 기체에 포함된 이산화탄소의 농도를 측정하는 이산화탄소 농도 측정 센서;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 방법.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 이산화탄소 농도 측정 센서는 비분산적외선(NDIR) 센서인 것을 특징으로 하는 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 지구 온난화 방지를 위한 이산화탄소(CO₂) 지중 저장 기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는 이산화탄소 지중 저장 후, 지중 저장 부지나 그 주변의 토양으로의 이산화탄소 누출 여부를 원격으로 모니터링하고, 이산화탄소가 누출된 경우 자동으로 경보를 발생시킴으로써 이산화탄소 지중 저장사업이나 지상설비의 안전성을 확보할 수 있는 지중 저장 이산화탄소의 누출 모니터링 및 경보 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 오늘날 전세계적으로 큰 문제가 되고 있는 지구 온난화 현상은 이산화탄소가 가장 큰 요인으로 작용한다. 이산화탄소는 석탄을 이용하는 화력발전소, 철광석을 원료로 하는 제철소, 석유를 원료로 하는 석유화학공장 등과 같은 인간 활동을 영위하기 위한 산업체의 배출가스에 많이 포함되어 있다. 따라서, 지구 온난화 현상을 최대한 방지하기 위해서는, 상기와 같은 원인 등에 의해 발생하는 이산화탄소가 처리되어야 한다.

[0003] 이산화탄소의 처리기술 중 가장 각광받고 있는 것은 이산화탄소를 포집하여 지하 지층에 저장하는, 이른바 이산화탄소 지중 저장이다. 이산화탄소 지중 저장 기술은 산업체 등에서 배출되는 이산화탄소를 포집하여, 지하 800m 이상에 반영구적으로 저장하는 기술이다.

[0004] 이때, 지중에 저장된 이산화탄소가 다시 지표로 누출되지 않아야 하나, 지중에 저장된 이산화탄소는 여러 가지 이유로 지표로 누출될 수 있다. 이산화탄소가 누출되는 경우, 이산화탄소 지중 저장사업은 많은 비용을 투입한 상태에서 실패로 끝날 수 있고, 또한 지상설비의 안전성을 확보하지 못하게 된다.

[0005] 따라서, 저장된 이산화탄소의 누출 양을 최소한으로 줄일 수 있는 안정된 지층을 찾는 것이 중요하며, 또한, 지층에 저장된 이산화탄소가 지표로 누출될 경우, 이를 자동으로 모니터링하여 빠르게 경보가 이루어지고, 또한 후처리가 진행될 수 있는 시스템의 구축이 필요하다.

발명의 내용

해결하고자하는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소의 농도를 효율적으로 감지할 수 있

는 비포화대 이산화탄소 감지 장치를 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 상기 비포화대 이산화탄소 감지 장치를 이용하여, 자동으로 비포화대의 이산화탄소 농도를 모니터링할 수 있는 비포화대 이산화탄소 모니터링 시스템을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 또다른 목적은 이산화탄소가 지중 저장될 부지의 기준 이산화탄소 농도를 저장하고, 이를 측정되는 이산화탄소 농도와 비교하여 정상 신호 또는 이상 신호를 출력하고, 이상신호일 경우 경보를 발생시키고 이산화탄소의 지중 저장을 중지할 수 있는 비포화대 이산화탄소 모니터링 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0009] 상기 하나의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소 감지 장치는 지표면 아래의 비포화대에 매설되며, 통 형상을 갖는 챔버; 상기 챔버 측면에 형성되는 기체 유입구; 및 상기 챔버 상부에 관통 형성되며, 상기 챔버 내의 기체에 포함된 이산화탄소의 농도를 측정하는 이산화탄소 농도 측정 센서;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소 모니터링 시스템은 지표면 아래 비포화대에 매설되며, 통 형상을 갖는 챔버와, 상기 챔버 측면에 형성되는 기체 유입구와, 상기 챔버 상부에 관통 형성되며 상기 챔버 내의 기체에 포함된 이산화탄소의 농도를 측정하는 이산화탄소 농도 측정 센서를 각각 포함하는 복수의 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치; 상기 이산화탄소 농도 측정 센서로부터 출력되는 이산화탄소 농도를 전송하는 복수의 통신 장치; 및 시간대별로 기준 이산화탄소 농도를 저장하며, 상기 통신 장치로부터 전송되는 측정 이산화탄소 농도와 상기 기준 이산화탄소 농도를 비교하여 정상 신호 또는 이상 신호를 출력하는 모니터링 서버;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소 모니터링 방법은 (a) 이산화탄소 농도 감지 장치에서 이산화탄소가 지중 저장될 부지의 비포화대 이산화탄소의 농도를 시간대별로 측정하여, 통신 장치를 통하여 모니터링 서버로 전송하고, 상기 모니터링 서버에서 전송된 비포화대 이산화탄소의 농도를 기준 이산화탄소 농도로 저장하는 단계; (b) 이산화탄소의 지중 저장이 시작된 후, 상기 이산화탄소 농도 감지 장치에서 상기 비포화대의 이산화탄소의 농도를 측정하여, 상기 통신 장치를 통하여 모니터링 서버로 전송하는 단계; 및 (c) 상기 모니터링 서버에서 측정 이산화탄소의 농도와 기준 이산화탄소 농도를 비교하여, 정상 신호 또는 이상 신호를 출력하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

효과

[0012] 본 발명에 따른 비포화대 이산화탄소 감지 장치는 챔버 및 비분산적외선(NDIR) 센서를 이용함으로써, 비포화대의 이산화탄소를 평균화한 상태에서 이산화탄소의 감지가 가능하며, 이산화탄소 감지의 정확도를 높일 수 있다.

[0013] 또한, 본 발명에 따른 비포화대 이산화탄소 모니터링 시스템 및 모니터링 방법은 이산화탄소의 지중 저장 전에 미리 시간대별 기준 이산화탄소 농도를 측정 저장한 상태에서 실시간으로 감지되는 이산화탄소의 농도와 비교함으로써 환경의 변화에 따른 이산화탄소 농도 변화와 지중 저장된 이산화탄소의 누출에 의한 이산화탄소 농도 변화를 쉽게 구별할 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명에 따른 비포화대 이산화탄소 모니터링 시스템 및 모니터링 방법은 복수의 이산화탄소 감지 장치에서 측정된 이산화탄소 농도가 모니터링 서버로 전송되고, 이상시에는 즉시 경보를 발생시킬 수 있어, 지중 저장된 이산화탄소의 누설시 즉시 대응할 수 있는 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서

로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

- [0016] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치, 모니터링 시스템 및 모니터링 방법에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0017] 이산화탄소가 지중에 저장되었을 경우, 저장 지층에서 유동하는 이산화탄소는 지구물리원격탐사를 통하여 확인하고, 대상 지층을 벗어나 의도하지 않은 지층으로 누출될 경우에도 지구물리원격탐사를 통하여 누출을 확인할 수 있다.
- [0018] 또한 관측정을 통하여 지하에서 직접 유체를 채취하여 분석함으로써 이산화탄소가 대상지층이 아닌 다른 지층으로 누출되는지를 확인할 수 있다. 이산화탄소의 물리화학적 특성을 고려하면 지하 800m 아래에 저장된 이산화탄소는 부력에 의해 지표 쪽으로 상승하게 된다.
- [0019] 만약 이산화탄소가 800m 이상 상승하여 지표에 다다르게 되면 토양층/비포화대를 거쳐 지표로 누출되게 된다.
- [0020] 도 1은 본 발명에 따른 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치를 개략적으로 나타낸 것이다.
- [0021] 도 1을 참조하면, 도시된 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치(100)는 챔버(110), 기체 유입구(120) 및 이산화탄소 농도 측정 센서(130)를 포함한다.
- [0022] 챔버(chamber, 110)는 원통, 사각통과 같은 통 형상을 가지며, 지표면 아래의 비포화대에 매설된다. 여기서 비포화대는 지하수면의 상부 층을 의미하며, 통상적으로 미교결 암석과 토양이 분포하고 토양내 기체(산소, 질소, 이산화탄소 등)와 수분이 함께 존재하는 층을 의미한다. 비포화대는 대략 지표면에서 50~100cm 정도아래가 될 수 있다.
- [0023] 챔버(110)의 재질은 토양층을 교란하지 않고 장기간 사용할 수 있으며, 또한 기체와 반응이 잘 이루어지지 않음과 동시에 기체를 흡착하지 않는 재질로 이루어지는 것이 바람직하다. 이러한 조건을 만족하는 챔버(110)의 재질로는 스테인리스 스틸(stainless steel)이 될 수 있다. 챔버(110)의 바닥에는 지하수 또는 토양수가 유입되었을 경우 중력에 의한 자연 배수가 가능하도록 복수의 배수공이 형성될 수 있다.
- [0024] 기체 유입구(120)는 챔버(110) 측면에 형성되어 챔버(110) 외부의 기체가 챔버(110) 내부로 유입되도록 한다. 기체 유입구(120)는 메쉬(mesh), 즉 망의 형태로 이루어질 수 있다.
- [0025] 한편, 기체 유입구(120)는 챔버(110) 측면에 복수개로 형성될 수 있다.
- [0026] 이산화탄소 농도 측정 센서(130)는 챔버(110) 상부에 관통 형성되며, 챔버(110) 내의 기체에 포함된 이산화탄소의 농도를 측정한다.
- [0027] 상기 이산화탄소 농도 측정 센서(130)는 비분산적외선(Non Dispersive Infra-Red; NDIR) 센서인 것이 바람직하다.
- [0028] 토양 내 이산화탄소는 일반적으로 토양 내 기체 시료를 채취하여 가스크로마토그래피(Gas Chromatography)로 분석하거나, NDIR 센서를 이용하여 측정할 수 있다. 이 중에서 시료 채취와 가스크로마토그래피를 이용한 토양 내 이산화탄소의 농도 분석은 많은 시간이 소요되며, 많은 인력과 비용이 소요된다. 상기 분석법은 결정적으로 이산화탄소 농도 증가시 빠르게 대응할 수 있는 시간적인 여유가 없게 된다. 반면, NDIR 센서는 기체 시료 내의 이산화탄소 함량을 측정하는 센서로서, 간편하고 정확도를 높일 수 있는 장점이 있으므로, 이를 이용하는 것이 더 바람직하다고 볼 수 있다.
- [0029] 다만, NDIR 센서를 토양 내 설치하였을 경우 토양 공극 내 기체의 함량이 불균질하여 측정이 불완전할 수 있다. 따라서, 본 발명에서와 같이 일정량 이상의 기체가 집적될 수 있는 챔버(110)를 토양층에 설치하고, 상기 챔버(110)에 모여져 평균화된 분포를 갖는 기체에 대하여 NDIR 센서를 이용하여, 이산화탄소 농도를 측정하는 것이

바람직하다.

- [0030] 본 발명에 따른 이산화탄소 농도 감지 장치(100)는 챔버(110) 내에서 아래의 화학식 1과 같이 이산화탄소를 반응시켜 탄산염 광물로 변환하기 위하여, 알칼리토금속 수산화물이 챔버(110) 내부로 공급되어 저장되는 알칼리토금속 수산화물 유입 및 저장부(미도시)를 더 포함할 수 있다. 이때, 알칼리토금속 수산화물은 $Mg(OH)_2$, $Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$ 등을 제시할 수 있다.
- [0031] [화학식 1]
- [0032] $M(OH)_2 + CO_2 \rightarrow MCO_3 + H_2O$
- [0033] (여기서 M은 알칼리토금속)
- [0034] 챔버(110) 내부로 공급되어 저장된 알칼리토금속 수산화물은 상기와 같이 이산화탄소와 반응하여 탄산염 광물을 형성한다. 특히, 토양 내에서의 이산화탄소의 함량이 대기의 이산화탄소 함량보다 약 100배 정도 높은 것으로 알려져 있으므로, 상기 반응을 일으키기에 충분한 이산화탄소가 제공될 수 있다. 이러한 알칼리토금속 수산화물 유입 및 저장부에서 알칼리토금속의 유입은 챔버(110) 측면으로부터 이루어질 수 있으며, 저장은 챔버(110) 내부의 별도 공간에서 이루어질 수 있다.
- [0035] 알칼리토금속 수산화물은 이산화탄소 농도 감지가 진행되는 시점에는 알칼리토금속 수산화물 유입 및 저장부에 저장만 되어 있으며 챔버(110) 내부와는 격리된 상태가 된다. 그 이유는 이산화탄소 농도 감지 시점에 알칼리토금속 수산화물이 챔버(110) 내에 존재하면 이산화탄소 농도 감지의 정확성이 저하될 우려가 있기 때문이다.
- [0036] 따라서, 알칼리토금속 수산화물은 이산화탄소 감지 시점 이외에 챔버(110) 내부의 기체와 소통이 이루어지는 것이 바람직하다. 예를 들면 이산화탄소 농도 감지 주기가 1시간이라고 할 경우, 이산화탄소 농도 감지 직후 30분간 알칼리토금속 수산화물 유입 및 저장부가 챔버 내부와 소통이 이루어질 수 있다.
- [0037] 상기 알칼리토금속 수산화물 유입 및 저장부가 있을 경우, 이산화탄소의 감지와 함께 탄산염 광물의 생성 및 이산화탄소 저장 효과를 얻을 수 있다.
- [0038] 일단 지표 위로 누출된 이산화탄소는 지표면의 대기와 섞여서 빠르게 이동하므로, 그 농도를 빠르게 감지하고 누출을 판단하여 지상설비의 가동 여부를 판단하는 것이 어렵다. 따라서, 지표 누출 전단계인 비포화대에서 이산화탄소 농도가 비이상적으로 높아지게 되면 이산화탄소 지중 저장의 지상 주입 설비의 가동을 잠정적으로 중지하고 이산화탄소의 농도/유출여부를 확인하여 주입을 계속할 지 여부를 판단할 필요가 있다.
- [0039] 도 2는 본 발명에 따른 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템을 개략적으로 나타낸 것이다.
- [0040] 도 2를 참조하면, 도시된 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템은 복수의 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치(210), 복수의 통신 장치(220) 및 모니터링 서버(230)를 포함한다.
- [0041] 복수의 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치(210)는 각각 챔버, 기체 유입구 및 이산화탄소 농도 측정 센서를 포함한다.
- [0042] 챔버는 스테인리스 스틸 등의 재질로서 지표면 아래 비포화대에 매설되며, 통 형상을 갖는다.
- [0043] 기체 유입구는 챔버 측면에 메쉬 등의 형상으로 형성되어 주변의 기체가 챔버 내로 유입된다.
- [0044] 이산화탄소 농도 측정 센서는 챔버 상부에 관통 형성되며, 상기 챔버 내의 기체에 포함된 이산화탄소의 농도를 측정한다. 이때, 이산화탄소 농도 측정 센서는 NDIR 센서인 것이 바람직하다.
- [0045] 상기 복수의 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치(210)를 구성하는 챔버, 기체 유입구 및 이산화탄소 농도 측정 센서는 도 1에서 기술한 바와 동일하므로, 보다 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0046] 한편, 이산화탄소 저장부에는 이산화탄소 임시 저장 설비, 가압 설비, 증온 설비, 주입 설비 등이 배치된다. 이러한 설비들이 포함되는 것을 고려하면 이산화 탄소 저장부지는 최소한 200m x 200m 이상이 될 수 있다.
- [0047] 따라서, 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치(210)는 이산화탄소 저장부지에 복수개로 배치된다. 또한, 이산화탄소는 저장부지 주변으로도 유출될 수 있으므로, 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치(210)는 이산화탄소 저장

부지 뿐만 아니라 그 주변부지에도 복수개로 배치되는 것이 바람직하다.

- [0048] 복수의 통신 장치(220)는 상기 복수의 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치(210) 각각의 이산화탄소 농도 측정 센서와 연결되어, 이산화탄소 농도 측정 센서로부터 출력되는 이산화탄소 농도를 무선 통신을 통하여 모니터링 서버(230)로 전송한다. 본 발명에서는 이산화탄소 농도 전송 수단으로 무선 통신 장치의 예를 들었으나, 이는 원거리나 복수의 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치(210)가 있을 경우 편리하기 때문이며, 유선 통신 장치를 배제하는 의미는 아니다.
- [0049] 모니터링 서버(230)는 시간대별 기준 이산화탄소 농도를 저장한다. 또한 모니터링 서버(230)는 통신 장치(220)로부터 전송되는 측정 이산화탄소 농도(C_{detec})와 미리 저장된 시간대별 기준 이산화탄소 농도(C_{ref})를 비교하여 정상 신호 또는 이상 신호를 모니터 또는 프린터를 통하여 출력한다. 물론, 모니터링 서버(230)는 측정 이산화탄소 농도를 직접 출력할 수 있으며, 측정 이산화탄소 농도를 저장 공간에 저장할 수 있다.
- [0050] 모니터링 서버(230)는 전송되는 측정 이산화탄소 농도(C_{detec})와 측정된 시간에 해당하는 기준 이산화탄소 농도(C_{ref})를 비교하여, 측정 이산화탄소 농도(C_{detec})가 기준 이산화탄소 농도(C_{ref})보다 일정값 이상 클 경우, 상기 이상 신호를 발생시킬 수 있다.
- [0051] 이때 모니터링 서버(230)에서 이상 신호를 발생시키는 기준은 기준 이산화탄소 농도(C_{ref}) 자체보다 측정 이산화탄소 농도(C_{detec})가 특정수치(a) 이상인 경우(C_{detec} ≥ C_{ref}+a)가 될 수 있다.
- [0052] 또한, 모니터링 서버(230)에서 이상 신호를 발생시키는 기준은 측정 이산화탄소 농도(C_{detec})가 기준 이산화탄소 농도(C_{ref})의 특정비율(β%, β는 1보다 큰 값) 이상인 경우(C_{detec} ≥ βx C_{ref})가 될 수 있다.
- [0053] 상기와 같은 동작을 수행하기 위하여, 모니터링 서버(230)는 도 3에 도시된 바와 같이, 입력부(310), 데이터 저장부(320), 비교부(330) 및 출력부(340)를 포함할 수 있다.
- [0054] 입력부(310)는 상기 복수의 이산화탄소 농도 감지 장치(210) 각각의 통신 장치로부터 측정 이산화탄소 농도(C_{detec})를 입력받는다. 데이터 저장부(320)는 시간대별 기준 이산화탄소 농도를 저장한다.
- [0055] 비교부(330)는 입력부(310)로부터 측정 이산화탄소 농도(C_{detec})를 입력받고, 데이터저장부(320)로부터 기준 이산화탄소 농도(C_{ref})를 입력받아, 입력된 측정 이산화탄소 농도(C_{detec})와 기준 이산화탄소 농도(C_{ref})를 비교하여, '0' 과 '1' 또는 'LOW' 와 'HIGH' 와 같은 결과신호를 출력한다.
- [0056] 출력부(340)는 비교부(330)의 결과신호에 따라 정상 신호 또는 이상 신호를 모니터 또는 프린터와 같은 출력 장치로 출력한다.
- [0057] 한편, 모니터링 서버(230)는 경보 장치(미도시)와 연결될 수 있는데, 경보 장치는 모니터링 서버(230)의 이상신호에 응답하여 알람이나 사이렌과 같은 경보를 발생시켜, 관리자나 근무자 등이 쉽게 이산화탄소 누출 발생을 인지할 수 있도록 한다.
- [0058] 도 4는 본 발명에 따른 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 방법의 일실시 예를 나타내는 순서도이다.
- [0059] 도 4를 참조하면, 도시된 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 방법은 기준 이산화탄소 농도 데이터 저장 단계(S410), 이산화탄소 농도 감지 및 모니터링 단계(S420) 및 결과신호 출력 단계(S431, S432)를 포함한다.
- [0060] 기준 이산화탄소 농도 데이터 저장 단계(S410)에서는 이산화탄소 농도 감지 장치에서 이산화탄소가 지중 저장될 부지의 비포화대 이산화탄소의 농도를 시간대별로 측정하여, 통신 장치를 통하여 모니터링 서버로 전송하고, 상기 모니터링 서버에서 전송된 비포화대 이산화탄소의 농도를 기준 이산화탄소 농도로 저장한다.
- [0061] 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치는 도 1에 도시된 바와 같이, 지표면 아래 비포화대에 매설되며, 통 형상을 갖는 챔버와, 상기 챔버 측면에 형성되는 기체 흡입구와, 상기 챔버 상부에 관통 형성되며 상기 챔버 내의 기체에 포함된 이산화탄소의 농도를 측정하는 NDIR 센서와 같은 이산화탄소 농도 측정 센서를 포함할 수 있다.
- [0062] 기준 이산화탄소 농도를 미리 저장하는 이유는 다음과 같다.
- [0063] 토양 또는 비포화대의 이산화탄소는 토양 내 생물학적 활동과 그에 영향을 미치는 물리화학적 현상에 따라서 농도가 변화한다. 즉, 토양에서는 유기물의 분해 및 산화에 의해서 이산화탄소의 함량이 대기의 이산화탄소 함량보다 약 100배 정도높은 것으로 알려져 있다. 또한, 토양 내 이산화탄소는 계절에 따라서, 낮과 밤에 따라서,

기타 물리화학적 조건에 따라서 수시로 변화하게 된다. 또한 토양의 특성, 토양층의 심도, 수분함량 등에 따라 지역별로 다르며, 불과 몇 미터(m) 사이에서도 변화하기 때문에 토양의 이산화탄소의 농도를 일반화하는 것은 매우 어렵다. 따라서 주입된 이산화탄소의 누출 여부를 확인하기 위해서는 최소한 1년 이상 정해진 지점에서 이산화탄소의 농도를 시간단위로 측정하여 자연적인 배경 농도를 미리 파악한 후, 이러한 배경농도를 벗어나는 이상치가 관측되었을 때 대응하는 것이 필요하다.

[0064] 즉, 일별/월별/분기별/계절별 이산화탄소 농도의 특성과 농도 변화를 일으키는 요인에 대해 충분한 연구를 수행한 후에, 자연적인 변화와 다른 변화에 대해서 미리 대응을 하는 것이 바람직하다.

[0065] 다음으로 이산화탄소 농도 감지 및 모니터링 단계(S420)에서는 이산화탄소의 지중 저장에 시작된 후, 이산화탄소 농도 감지 장치에서 비포화대의 이산화탄소의 농도를 측정하여, 통신 장치를 통하여 모니터링 서버로 전송하며, 모니터링 서버에서 측정된 이산화탄소의 농도와 기준 이산화탄소 농도를 비교한다.

[0066] 결과신호 출력 단계(S431,S432)에서는 모니터링 서버에서, 측정 이산화탄소의 농도와 기준 이산화탄소 농도를 비교한 결과를 이용하여 정상 신호 또는 이상 신호를 출력한다. 모니터링 서버는 측정된 이산화탄소 농도와 기준 이산화탄소 농도를 비교하여, 측정된 이산화탄소 농도가 기준 이산화탄소 농도보다 일정값 이상 클 경우, 이상 신호를 발생시킬 수 있다.

[0067] 모니터링 서버에서 이상 신호가 출력될 경우, 경보를 출력하는 과정(S433)이 더 포함되어, 이산화탄소의 주입이 중단(S434)될 수 있도록 한다.

[0068] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 비포화대 이산화탄소 모니터링 시스템 및 모니터링 방법은 이산화탄소의 지중 저장 전에 미리 시간대별 기준 이산화탄소 농도를 측정 저장한 상태에서 실시간으로 감지되는 이산화탄소의 농도와 비교함으로써 환경의 변화에 따른 이산화탄소 농도 변화와 지중 저장된 이산화탄소의 누출에 의한 이산화탄소 농도 변화를 쉽게 구별할 수 있으며, 챔버 및 NDIR 센서를 이용하여 비포화대 이산화탄소 감지 장치를 구성함으로써, 비포화대의 이산화탄소를 평균화한 상태에서 이산화탄소의 감지가 가능하며, 이산화탄소 감지의 정확도를 높일 수 있다.

[0069] 또한, 본 발명에 따른 비포화대 이산화탄소 모니터링 시스템 및 모니터링 방법은 측정 이산화탄소 농도가 모니터링 서버로 실시간으로 전송되고, 이상 신호 발생시에는 즉시 경보를 발생시킬 수 있어, 지중 저장된 이산화탄소의 누출시 즉시 대응할 수 있다.

[0070] 이상에서는 본 발명의 일 실시예를 중심으로 설명하였지만, 당업자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0071] 도 1은 본 발명에 따른 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치를 개략적으로 나타낸 것이다.

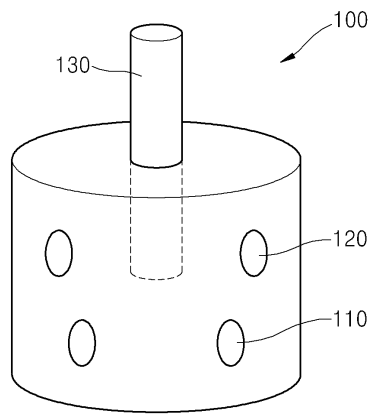
[0072] 도 2는 본 발명에 따른 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 시스템을 개략적으로 나타낸 것이다.

[0073] 도 3은 도 2의 모니터링 서버를 개략적으로 나타낸 것이다.

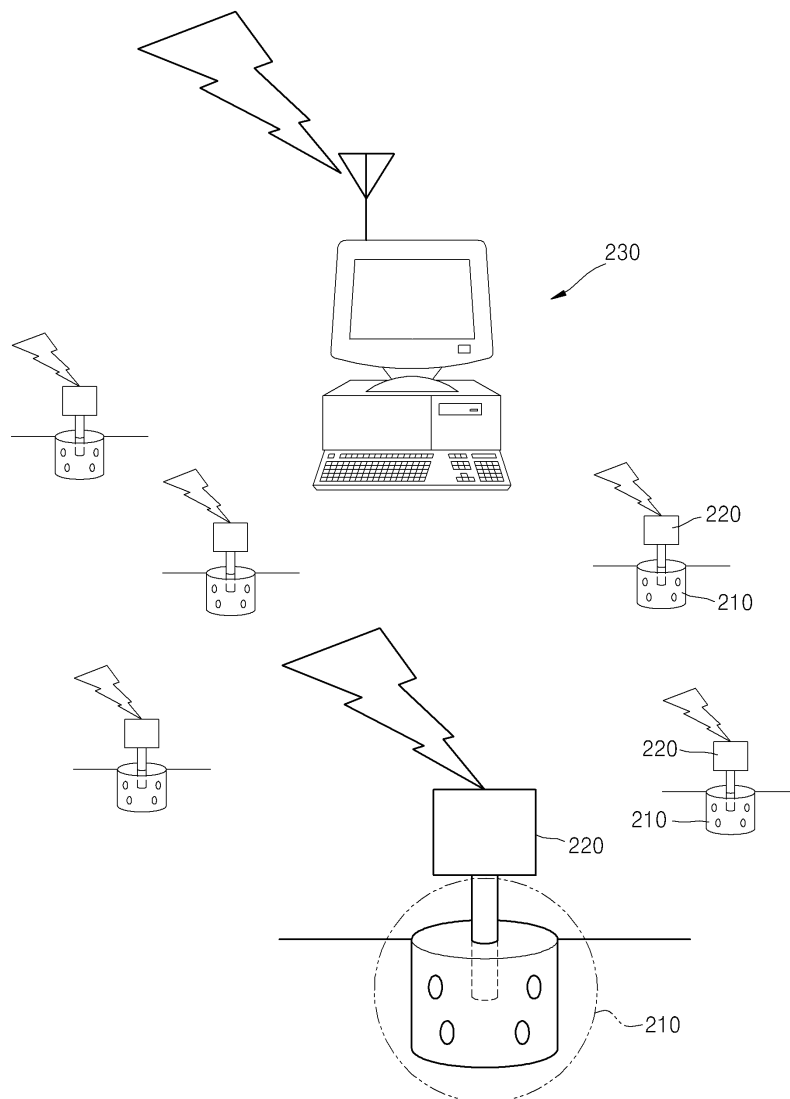
[0074] 도 4는 본 발명에 따른 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 이산화탄소 농도 모니터링 방법의 일 실시예를 나타내는 순서도이다.

도면

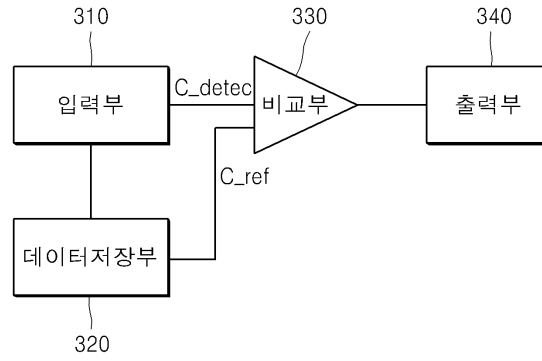
도면1



도면2



도면3



도면4

