



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년12월04일
 (11) 등록번호 10-1207813
 (24) 등록일자 2012년11월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 GOIN 21/39 (2006.01) GOIN 21/61 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0063846
 (22) 출원일자 2012년06월14일
 심사청구일자 2012년06월14일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2006133200 A
 JP2008203124 A
 KR1020110031665 A
 JP08210976 A

(73) 특허권자
 한국지질자원연구원
 대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)
 (72) 발명자
 채기탁
 경기도 용인시 수지구 성북동 LG2차 빌리지아파트
 204동 1504호
 성기성
 인천광역시 부평구 산곡2동 222 한신휴아파트
 105-708
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인 대아

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 차영란

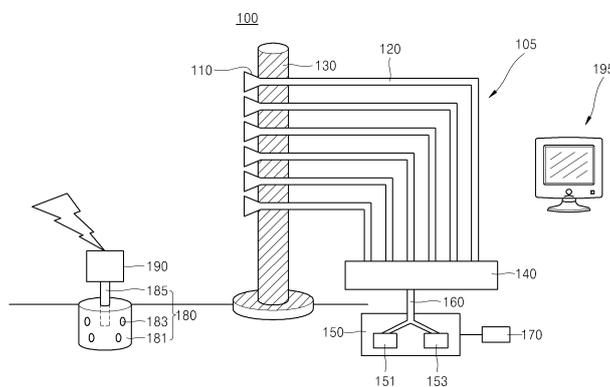
(54) 발명의 명칭 동위원소 분석기를 이용한 실시간 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템 및 모니터링 방법

(57) 요약

동위원소 분석기를 이용한 실시간 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템 및 모니터링 방법에 대하여 개시한다.

본 발명에 따른 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템은 지표면에 세워지는 고정부재와, 상기 고정부재에 높이별로 고정되는 복수의 기체 유입구와, 상기 기체 유입구와 연통되는 복수의 기체 이송부재와, 상기 기체 이송부재를 통해 이송된 기체의 동위원소를 분석하는 동위원소 분석기를 포함하는 분석부재와, 상기 기체 이송부재 및 상기 분석부재와 연결되며 상기 복수의 기체 이송부재 중 하나의 기체 이송부재를 선택하여 선택된 기체 이송부재를 통해 이송된 기체를 상기 분석부재에 공급하는 채널과, 상기 채널과 상기 분석부재를 연결시키는 연결부재를 포함하는 지표대기 분석 장치; 상기 동위원소 분석기로부터 출력되는 동위원소의 성분을 전송하는 통신 장치; 및 상기 통신 장치로부터 전송되는 동위원소의 성분을 출력하는 모니터링 서버;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김정찬

대전광역시 유성구 도룡동 391 타운하우스 8동 204호

염병우

대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 506동 704호

김태희

대전광역시 유성구 지족동 열매마을4단지 403동 904호

김구영

대전광역시 유성구 전민동 청구나래아파트 104동 1303호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GP2012-011

부처명 지식경제부

연구사업명 주요사업-기관고유임무형-기본

연구과제명 심지층내 CO2거동 모니터링 요소기술 개발

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2012.01.01 ~ 2014.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

지표면에 세워지는 고정부재와, 상기 고정부재에 높이별로 고정되는 복수의 기체 유입구와, 상기 기체 유입구와 연통되는 복수의 기체 이송부재와, 상기 기체 이송부재를 통해 이송된 기체의 동위원소를 분석하는 동위원소 분석기를 포함하는 분석부재와, 상기 기체 이송부재 및 상기 분석부재와 연결되며 상기 복수의 기체 이송부재 중 하나의 기체 이송부재를 선택하여 선택된 기체 이송부재를 통해 이송된 기체를 상기 분석부재에 공급하는 채널과, 상기 채널과 상기 분석부재를 연결시키는 연결부재를 포함하는 지표대기 분석 장치;

상기 동위원소 분석기로부터 출력되는 동위원소의 성분을 전송하는 통신 장치; 및

상기 통신 장치로부터 전송되는 동위원소의 성분을 출력하는 모니터링 서버;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기체는

이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 수증기(H₂O), 황화가스(SO_x) 및 황화수소(H₂S) 중에서 적어도 1종인 것을 특징으로 하는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 동위원소 분석기는

실시간 동위원소 분석이 가능한 WS-CRDS(Wavelength-Scanned Cavity Ring down Spectroscopy) 방식 또는 ICOS(Integrated Cavity output Spectroscopy) 방식 중 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 분석부재는

상기 채널을 통해 공급되는 지표대기의 기체에 포함된 이산화탄소의 농도를 측정하는 지표대기 이산화탄소 농도 측정 센서를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템은

상기 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 비포화대 이산화탄소 농도 측정 센서를 포함하는 비포화대 이산화탄소 농도 감지 장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 지표대기 및 비포화대 이산화탄소 농도 측정 센서는

비분산적외선(Non Dispersive Infra-Red; NDIR) 센서인 것을 특징으로 하는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 비포화대 이산화탄소 농도 측정 센서는

상기 분석부재와 연결되는 것을 특징으로 하는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 모니터링 서버는

각각의 상기 지표대기 및 비포화대 이산화탄소 농도 측정 센서로부터 전송되는 측정 이산화탄소의 농도와 기준 이산화탄소 농도를 비교하여, 상기 측정 이산화탄소 농도가 상기 기준 이산화탄소 농도보다 일정값 이상 크거나, 특정수치 또는 특정비율 이상인 경우 이상 신호를 발생시키는 것을 특징으로 하는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 모니터링 서버는

상기 이상 신호에 응답하여 경보를 출력하는 경보 장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템은

이산화탄소가 지중 저장되는 부지에 이용되는 것을 특징으로 하는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템.

청구항 11

이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 가스 및 지표대기를 모니터링하는 방법에 있어서,

(a) 이산화탄소의 지중 저장 이전, 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 농도 자료를 분석하여 자연적으로 나타날 수 있는 이산화탄소 농도의 최대 농도를 기준 비포화대 이산화탄소 농도로 저장하는 단계;

(b) 이산화탄소의 지중 저장이 시작된 후, 지표대기 분석 장치의 동위원소 분석기에서 지표대기 중 기체의 동위원소를 분석하고, 상기 이산화탄소 농도 감지 장치에서 상기 비포화대의 이산화탄소의 농도를 측정하여, 통신 장치를 통하여 상기 모니터링 서버로 전송하는 단계; 및

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

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 (a) 단계는

지표대기 분석 장치의 지표대기 이산화탄소 농도 측정 센서에서 이산화탄소가 지중 저장될 부지의 지표대기 이산화탄소의 농도를 시간대별로 측정하여, 통신 장치를 통하여 모니터링 서버로 전송하고, 상기 모니터링 서버에서 전송된 지표대기 이산화탄소 농도 자료를 분석하여 자연적으로 나타날 수 있는 이산화탄소 농도의 최대 농도를 기준 지표대기 이산화탄소 농도로 저장하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 (b) 단계는

상기 지표대기 이산화탄소 농도 측정 센서에서 상기 지표대기의 이산화탄소의 농도를 측정하여, 통신 장치를 통하여 상기 모니터링 서버로 전송하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 (b) 단계는

상기 이산화탄소 농도 감지 장치의 비포화대 이산화탄소 농도 측정 센서를 상기 지표대기 분석 장치의 분석 부재와 연결하고, 상기 동위원소 분석기를 이용하여 비포화대 또는 비포화대 가스의 동위원소를 측정하여, 통신 장치를 이용하여 상기 모니터링 서버로 전송하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 동위원소 분석기를 이용한 실시간 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템 및 모니터링 방법에 관한 것이다.

[0002]

배경기술

[0003] 오늘날 전세계적으로 온실가스로 인한 지구 온난화 문제가 심각하게 대두되고 있다. 그러나, 화석연료를 기반으로 하는 현재의 산업 구조로 인해, 지구 온난화를 일으키는 온실가스의 주범인 이산화탄소(CO₂)가 다량 배출되고 있다. 따라서, 지구 온난화를 방지하기 위해서는 산업체 등에서 배출되는 이산화탄소가 처리되어야 한다.

[0004] 최근 주요 온실가스 감축 수단의 하나로서 CCS(Carbon Capture & Storage)가 현재의 화석연료기반 경제를 유지

하면서도 온실가스를 감축할 수 있는 현실적 대안기술로 세계 각국의 주목을 받고 있다. CCS의 저장분야인 지중 저장기술은 산업체 등에서 배출되는 이산화탄소를 포집하여 지하 800m 이상에 반영구적으로 저장하는 기술이다.

[0005] 지중저장기술을 구현하기 위해서는 적절한 부지 선정과 함께 누출 위험을 최소화하는 것이 중요하며, 이산화탄소의 주입 후에는 여러 가지 이유로 지표로 누출될 수 있는 이산화탄소의 누출 여부를 모니터링 하는 것이 매우 중요하다. 이는 이산화탄소가 지표로 누출되는 경우, 인명사고 발생이나 자연환경의 위해, 지상설비의 안전성을 확보하지 못하게 되기 때문이다.

[0006] 현재 적용 가능한 이산화탄소 모니터링 기술에는 탄성과 탐사, 전기 탐사, 중력 탐사, 주입지층 내 온도 및 압력 측정 등의 지구물리학적 모니터링과, 지표 또는 지하수 내의 이산화탄소의 농도측정 등의 지화학적 모니터링, 시추공내 모니터링 기술 등이 있다. 그러나, 이러한 기술들 중 일부는 개별적으로 적용하기에 신뢰성이 떨어지며, 그렇다고 가능한 모니터링 기술들을 전체적으로 적용하면 과도한 비용이 소모된다는 문제점이 있다.

[0007] 대한민국 등록특허공보 제10-0999030호(2010.12.01. 등록)에는 압력 모니터링에 의한 지중 가스 저장층에서의 가스유출 탐지방법 및 지중 가스 저장시스템이 개시되어 있다.

[0008]

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 동위원소 분석기를 이용하여, 비포화대 가스 및 지표대기를 실시간으로 신뢰성 있게 모니터링 할 수 있는 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템 및 모니터링 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시 예에 따른 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템은 지표면에 세워지는 고정부재와, 상기 고정부재에 높이별로 고정되는 복수의 기체 유입구와, 상기 기체 유입구와 연통(聯通)되는 복수의 기체 이송부재와, 상기 기체 이송부재를 통해 이송된 기체의 동위원소를 분석하는 동위원소 분석기를 포함하는 분석부재와, 상기 기체 이송부재 및 상기 분석부재와 연결되며 상기 복수의 기체 이송부재 중 하나의 기체 이송부재를 선택하여 선택된 기체 이송부재를 통해 이송된 기체를 상기 분석부재에 공급하는 채널과, 상기 채널과 상기 분석부재를 연결시키는 연결부재를 포함하는 지표대기 분석장치; 상기 동위원소 분석기로부터 출력되는 동위원소의 성분을 전송하는 통신 장치; 및 상기 통신 장치로부터 전송되는 동위원소의 성분을 출력하는 모니터링 서버;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시 예에 따른 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 방법은 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 비포화대 가스 및 지표대기를 모니터링하는 방법에 있어서, (a) 이산화탄소 지중 저장 이전, 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 농도 자료를 분석하여 자연적으로 나타날 수 있는 이산화탄소 농도의 최대 농도를 기준 이산화탄소 농도로 저장하는 단계; (b) 이산화탄소의 지중 저장이 시작된 후, 지표대기 분석장치의 동위원소 분석기에서 지표대기 중 기체의 동위원소를 분석하고, 상기 이산화탄소 농도 감지 장치에서 상기 비포화대의 이산화탄소의 농도를 측정하여, 통신 장치를 통하여 상기 모니터링 서버로 전송하는 단계; 및 (c) 상기 모니터링 서버에서 측정 이산화탄소의 농도와 상기 기준 이산화탄소의 농도를 비교하여, 정상 신호 또는 이상 신호를 출력하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따른 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템 및 모니터링 방법은 실시간으로 비포화대 가스 및 지표대기 이산화탄소의 농도와 동위원소 분석기를 이용하여 비포화대 가스 및 지표대기의 동위원소를 모니터링 함으로써, 경제적인 방법을 통해 실시간으로 이산화탄소를 포함한 기체의 거동을 신뢰성 있게 관찰할 수 있다.

[0013] 이를 이산화탄소 지중 저장 부지의 모니터링에 적용할 경우, 지중 저장된 이산화탄소의 누출 시 즉시 대응하고, 지상설비의 안정성을 확보할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명에 따른 비포화대 가스 및 지표대기의 이산화탄소 농도 및 동위원소 모니터링 시스템을 개략적으로 나타낸 것이다.
 도 2는 도 1의 모니터링 서버를 개략적으로 나타낸 것이다.
 도 3은 본 발명에 따른 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 이산화탄소 농도 및 동위원소 모니터링 시스템을 개략적으로 나타낸 것이다.
 도 4는 본 발명에 따른 비포화대 가스 및 지표대기의 이산화탄소 농도 및 동위원소 모니터링 방법의 일 실시 예를 나타내는 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시 예는 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 실시 예에 따른 동위원소 분석기를 이용한 비포화대 가스 및 지표대기 모니터링 시스템 및 모니터링 방법에 관하여 설명하기로 한다.

[0017] 도 1은 본 발명에 따른 비포화대 가스 및 지표대기의 이산화탄소 농도 및 동위원소 모니터링 시스템을 개략적으로 나타낸 것이고, 도 2는 도 1의 모니터링 서버를 개략적으로 나타낸 것이다.

[0018] 도 1을 참조하면, 도시된 비포화대 가스 및 지표대기 이산화탄소(CO₂) 농도 및 동위원소 모니터링 시스템(100)은 크게 지표대기 분석 장치(105), 지표대기용 통신장치(170), 비포화대 CO₂ 농도 감지 장치(180), 비포화대용 통신장치(190) 및 모니터링 서버(195)를 포함한다.

[0019] 지표대기 분석 장치(105)는 지표대기의 동위원소나 CO₂의 농도를 분석하는 장치로서, 지표대기 기체 유입구(110), 기체 이송부재(120), 고정부재(130), 채널(140), 분석부재(150) 및 연결부재(160)를 포함한다.

[0020] 지표대기 기체 유입구(110)는 지표대기 중의 이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 수증기(H₂O), 황화가스(SO_x), 황화수소(H₂S) 등을 포함하는 기체가 기체 이송부재(120) 내부로 유입되도록 한다. 지표대기 기체 유입구(110)는 깔때기와 같은 형상을 가질 수 있으며, 지표면에 세워진 기둥 형상의 고정부재(130)에 고정될 수 있다. 여기서, 지표대기는 지표면 및 대기를 포함하는 것을 의미한다. 지표대기는 대략 지표면에서부터 2m 정도 범위가 될 수 있다. 필요에 따라서는 2m 이상의 높이에 지표대기 기체 유입구(110) 및 고정부재(130)를 설치할 수 있다.

[0021]

[0022] 기체 이송부재(120)는 지표대기 기체 유입구(110)와 연통된 관 형상을 가지며, 지표대기 기체 유입구(110)를 통해 유입된 기체를 채널(140)로 이송시킨다. 이때, 지표대기 기체 유입구(110)와 인접한 기체 이송부재(120)의 일부가 고정부재(130)에 의해 고정될 수 있다.

[0023] 기체 이송부재(120)는 이송과정 중 유입된 기체의 변성을 방지하기 위하여 총 길이가 10m 이하, 바람직하게는

1~2m 정도인 관이 사용될 수 있다.

- [0024] 이러한 지표대기 기체 유입구(110) 및 기체 이송부재(120)는 지표면으로부터 높이를 다르게 하여 복수개가 형성된다.
- [0025] 채널(140)은 복수의 기체 이송부재(120)와 연결되며, 복수의 기체 이송부재(120) 중 하나의 기체 이송부재(120)를 선택하여, 선택된 하나의 기체 이송부재(120)를 통해 이송된 기체를 연결부재(160)를 통해 분석부재(150)에 공급한다. 채널(140)은 정해진 순서대로 실시간으로 선택된 하나의 기체 이송부재(150)를 통해 이송된 기체를 분석부재(150)에 공급할 수 있다.
- [0026] 분석부재(150)는 연결부재(160)에 의해 채널(140)과 연결되며, 채널(140)로부터 연결부재(160)를 통해 공급된 기체를 분석한다.
- [0027] 구체적으로, 분석부재(150)는 지표대기 CO₂ 농도 측정 센서(151) 및 동위원소 분석기(153)를 포함할 수 있다.
- [0028] 지표대기 CO₂ 농도 측정 센서(151)는 비분산적외선(Non Dispersive Infra-Red; NDIR) 센서인 것이 바람직하다. NDIR 센서는 지표대기 중 기체 시료 내의 CO₂ 함량을 측정하는 센서로서, 간편하고 정확도를 높일 수 있는 장점이 있다.
- [0029] 동위원소 분석기(153)는 지표대기 중의 CO₂, CH₄, H₂O, SO_x, H₂S 등의 기체 중 적어도 1종을 포함하는 기체 시료 내 동위원소를 실시간으로 분석하는 기기로서, WS-CRDS(Wavelength-Scanned Cavity Ring down Spectroscopy) 방식 또는 ICOS(Integrated Cavity output Spectroscopy) 방식 중 어느 하나를 이용할 수 있다.
- [0030] 동위원소 분석기(153)를 이용하여 지표대기 중 기체의 동위원소를 분석할 경우, 상대적으로 적은 비용을 소모하면서 실시간으로 지표대기 중의 CO₂, CH₄, H₂O, SO_x, H₂S 등과 같은 기체의 동위원소를 분석함으로써 상기 기체의 거동을 보다 면밀히 관찰할 수 있는 장점이 있다.
- [0031] 특히, 동위원소 분석기(153)와 지표대기 CO₂ 농도 측정 센서(151) 둘 다 이용할 경우, 실시간으로 지표대기 중의 기체의 거동, 특히 CO₂의 거동을 신뢰성 있게 관찰할 수 있는 장점이 있다.
- [0032] 지표대기용 통신장치(170)는 분석부재(150)와 연결되어, 지표대기 CO₂ 농도 측정 센서(151)로부터 출력되는 지표대기의 CO₂ 농도와 동위원소 분석기(153)로부터 출력되는 동위원소 성분을 유선 또는 무선 통신을 통하여 모니터링 서버(195)로 전송한다.
- [0033] 비포화대 CO₂ 농도 감지 장치(180)는 챔버(chamber, 181), 비포화대 기체 유입구(183) 및 비포화대 CO₂ 농도 측정 센서(185)를 포함한다.
- [0034] 챔버(181)는 스테인리스 스틸(stainless steel) 등의 재질로서 지표면 아래 비포화대에 매설되며, 원통, 사각통과 같은 통 형상을 갖는다. 챔버(181)의 바닥에는 지하수 또는 토양수가 유입되었을 경우 중력에 의한 자연 배수 가능하도록 복수의 배수공(미도시)이 형성될 수 있다. 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 정도 아래가 될 수 있다.

- [0035] 비포화대 기체 유입구(183)는 챔버(181) 측면에 메쉬(mesh) 등의 망 형상으로 적어도 하나 이상 형성되어 비포화대 주변의 기체가 챔버(181) 내로 유입되도록 한다.
- [0036] 비포화대 CO₂ 농도 측정 센서(185)는 챔버(181) 상부에 관통 형성되며, 챔버(181) 내의 기체에 포함된 CO₂의 농도를 측정한다. 이때, 비포화대 CO₂ 농도 측정 센서(185)는 간편하고 정확도를 높일 수 있는 NDIR 센서인 것이 바람직하다.
- [0037] 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(181)를 토양층에 설치하고, 챔버(181)에 모여져 평균화된 분포를 갖는 기체에 대하여 NDIR 센서를 이용하여, CO₂ 농도를 측정하는 것이 바람직하다.
- [0038] 한편, 비포화대 CO₂ 농도 측정 NDIR 센서는 지표대기 농도측정을 위한 분석부재(150)와 연결되어 동위원소 분석기(153)을 이용한 비포화대 또는 비포화대 가스의 동위원소 측정이 가능하다. 이 경우, 실시간으로 비포화대 가스 중 CO₂, CH₄, H₂O, SO_x, H₂S 등과 같은 기체의 거동을 보다 면밀히 관찰할 수 있는 장점이 있다.
- [0039] 일단 지표 위로 누출된 CO₂는 지표면의 대기와 섞여서 빠르게 이동하므로, 그 농도를 빠르게 감지하고 누출을 판단하여 지상설비의 가동 여부를 판단하는 것이 어렵다. 따라서, 지표 누출 전단계인 비포화대에서 CO₂ 농도를 모니터링 하는 것이 요구된다.
- [0040] 비포화대용 통신장치(190)는 비포화대 CO₂ 농도 측정 센서(185)와 연결되어, 비포화대 CO₂ 농도 측정 센서(185)로부터 출력되는 CO₂ 농도를 유선 또는 무선 통신을 통하여 모니터링 서버(195)로 전송한다.
- [0041] 한편, 모니터링 서버(195)는 시간대별 비포화대 및 지표대기에서의 기준 CO₂ 농도를 저장한다. 또한, 모니터링 서버(195)는 지표대기용 및 비포화대용 통신 장치(170, 190)들로부터 전송되는 측정 CO₂ 농도(C_{detec})와 미리 저장된 시간대별 기준 CO₂ 농도(C_{ref})를 비교하여 정상 신호 또는 이상 신호를 모니터 또는 프린터를 통하여 출력한다. 물론, 모니터링 서버(195)는 측정 CO₂ 농도를 직접 출력할 수 있으며, 측정 CO₂ 농도를 저장 공간에 저장할 수 있다.
- [0042] 모니터링 서버(195)는 전송되는 측정 CO₂ 농도(C_{detec})와 측정된 시간에 해당하는 기준 CO₂ 농도(C_{ref})를 비교하여, 측정 CO₂ 농도(C_{detec})가 기준 CO₂ 농도(C_{ref})보다 일정값 이상 클 경우, 이상 신호를 발생시킬 수 있다.
- [0043] 이때, 모니터링 서버(195)에서 이상 신호를 발생시키는 기준은 기준 CO₂ 농도(C_{ref}) 자체보다 측정 CO₂ 농도(C_{detec})가 특정수치(α) 이상인 경우($C_{detec} \geq C_{ref} + \alpha$)가 될 수 있다.
- [0044] 또한, 모니터링 서버(195)에서 이상 신호를 발생시키는 기준은 측정 CO₂ 농도(C_{detec})가 기준 CO₂ 농도(C_{ref})의 특정비율($\beta\%$, β 는 1보다 큰 값) 이상인 경우($C_{detec} \geq \beta \times C_{ref}$)가 될 수 있다.
- [0045] 상기와 같은 동작을 수행하기 위하여, 도 2에 도시된 바와 같이, 모니터링 서버(195)는 입력부(210), 데이터 저장부(220), 비교부(230) 및 출력부(240)를 포함할 수 있다.
- [0046] 입력부(210)는 지표대기용 및 비포화대용 통신장치(170, 190)들로부터 각각의 측정 CO₂ 농도(C_{detec})를 입력받는다. 데이터 저장부(220)는 시간대별 기준 CO₂ 농도를 저장한다.
- [0047] 비교부(230)는 입력부(210)로부터 측정 CO₂ 농도(C_{detec})를 입력받고, 데이터 저장부(220)로부터 기준 CO₂ 농도(C_{ref})를 입력받아, 입력된 측정 CO₂ 농도(C_{detec})와 기준 CO₂ 농도(C_{ref})를 비교하여, '0' 과 '1' 또는

‘LOW’ 와 ‘HIGH’ 와 같은 결과신호를 출력한다.

- [0048] 출력부(240)는 비교부(230)의 결과신호에 따라 정상 신호 또는 이상 신호를 모니터 또는 프린터와 같은 출력 장치로 출력한다.
- [0049] 한편, 모니터링 서버(195)는 경보 장치(미도시)와 연결될 수 있는데, 경보 장치는 모니터링 서버(195)의 이상신호에 응답하여 알람이나 사이렌과 같은 경보를 발생시켜, 관리자나 근무자 등이 쉽게 CO₂ 누출 발생을 인지할 수 있도록 한다.
- [0050] 설명의 편의를 위하여, 도 1에서는 비포화대 가스 및 지표대기 CO₂ 농도 및 동위원소 모니터링 시스템(100)에 한정하여 설명하였으나, 비포화대 CO₂ 농도 감지 장치(180) 및 비포화대용 통신장치(190)를 생략하여 지표대기의 CO₂ 농도 및 동위원소 모니터링에 적절히 응용될 수도 있음은 물론이다.
- [0051] 도 3은 본 발명에 따른 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 이산화탄소 농도 및 동위원소 모니터링 시스템을 개략적으로 나타낸 것이다.
- [0052] 도 3을 참조하면, 도시된 이산화탄소가 지중 저장되는 부지의 이산화탄소 농도 및 동위원소 모니터링 시스템은 CO₂가 지중 저장되는 CO₂ 저장부지(310)의 지표면(320)에 세워진 복수의 지표대기 분석장치(105), CO₂ 저장부지(310)에서 지하 토양층(330)의 비포화대에 매설된 복수의 비포화대 CO₂ 농도 감지 장치(180), 각각의 지표대기 분석장치(105)에 연결된 복수의 지표대기용 통신장치(미도시), 각각의 비포화대 CO₂ 농도 감지 장치(180)와 연결된 복수의 비포화대용 통신장치(190) 및 모니터링 서버(195)를 포함한다.
- [0053] CO₂ 저장부지(310)에는 지하 토양층(330)의 심부, 대략 800m 정도에 산업체로부터 배출되는 CO₂가 포집되어 지중 저장되는 CO₂ 지중 저장소(340)가 위치한다.
- [0054] 이 경우, 지표대기 분석장치(105)는 CO₂ 저장부지(310)에서 CO₂ 지중 저장소(340)와 수직인 상부의 지표면(320)에 복수개가 배치된다. 비포화대 CO₂ 농도 감지 장치(180)는 지하 토양층(330)에서 CO₂ 지중 저장소(340)와 수직인 상부의 비포화대에 복수개가 배치된다. 또한, CO₂는 CO₂ 저장부지(310) 주변으로도 유출될 수 있으므로, 지표대기 분석장치(105) 및 비포화대 CO₂ 농도 감지 장치(180)는 CO₂ 저장부지(310)뿐만 아니라 그 주변부지에도 복수개로 배치되는 것이 바람직하다.
- [0055] 한편, CO₂ 저장부지(310)에는 CO₂ 임시 저장 설비, 가압 설비, 증온 설비, 주입 설비 등이 배치될 수 있다.
- [0056] 상기 지표대기 분석장치(105), 비포화대 CO₂ 농도 감지 장치(180), 지표대기용 통신장치, 비포화대용 통신장치(190) 및 모니터링 서버(195)는 도 1에서 전술한 바와 동일하므로, 보다 자세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0057] CO₂ 저장부지(310)에서 지표대기 분석장치(105) 및 비포화대 CO₂ 농도 감지 장치(180)를 이용할 경우, 비포화대 가스 및 지표대기의 CO₂ 농도와 함께 동위원소를 실시간으로 모니터링하여 실시간으로 CO₂의 거동을 신뢰성 있게 관찰할 수 있고, 이를 통해 지중 저장된 CO₂의 누출 시 즉시 대응할 수 있는 장점이 있다.
- [0058] 이렇듯, CO₂가 지중 저장되는 부지의 CO₂ 농도 및 동위원소 모니터링 시스템은 CO₂ 저장부지(310)에서 주로 주입 지층에 한정되어 있던 모니터링 대상을 비포화대와 지표대기까지 확장시킨다. 또한, 동위원소 분석기와 CO₂ 농도 측정 센서를 이용하여 경제적인 방법으로 지중 저장된 CO₂의 누출 여부를 실시간으로 신뢰성있게 모니터링함에 따라 CO₂ 누출에 따른 대응 속도 향상과 더불어 지상 설비의 안정성을 확보할 수 있다.
- [0059] 도 4는 본 발명에 따른 비포화대 가스 및 지표대기의 이산화탄소 농도 및 동위원소 모니터링 방법의 일 실시 예를 나타내는 순서도이다.
- [0060] 도 4를 참조하면, 도시된 비포화대 가스 및 지표대기의 이산화탄소 농도 및 동위원소 모니터링 방법은, 기준 CO₂

농도 데이터 저장 단계(S410), CO₂ 농도 감지, 동위원소 분석 및 모니터링 단계(S420) 및 결과신호 출력 단계(S431, S432)를 포함한다.

- [0061] *기준 CO₂ 농도 데이터 저장 단계(S410)에서는 CO₂ 지중 저장 이전, CO₂가 지중 저장될 부지의 비포화대 CO₂ 농도 및 지표대기의 CO₂ 농도를 이산화탄소 지중 주입 전에 시간대별로 측정하여, 통신 장치를 통하여 모니터링 서버로 전송하고, 상기 모니터링 서버에서 전송된 각각의 비포화대 가스 및 지표대기의 CO₂ 농도 자료를 분석하여 자연적으로 나타날 수 있는 CO₂ 농도의 최대 농도를 기준 CO₂ 농도로 저장한다.
- [0062] 비포화대 CO₂ 농도는 도 1에 도시된 지표면 아래 비포화대에 매설된 비포화대 CO₂ 농도 감지 장치(180)를 이용하여 측정된다. 지표대기 CO₂ 농도는 도 1에 도시된 지표면에 세워진 지표대기 분석 장치(105)의 지표대기 CO₂ 농도 측정 센서(151)를 이용하여 측정된다.
- [0063] 기준 CO₂ 농도를 미리 저장하는 이유는 다음과 같다. 비포화대의 CO₂는 토양 내 생물학적 활동과 그에 영향을 미치는 물리화학적 현상, 계절, 낮과 밤, 기타 물리화학적 조건에 따라서 농도가 수시로 변화한다. 그리고, 지표대기의 CO₂는 낮과 밤, 기타 물리화학적 조건에 따라서 농도가 수시로 변화한다. 이로 인해, 비포화대 및 지표대기의 CO₂ 농도를 일반화하는 것은 매우 어렵다. 따라서 주입된 CO₂의 누출 여부를 확인하기 위해서는 최소한 1년 이상 정해진 지점에서 CO₂의 농도를 시간단위로 측정하여 자연적인 배경 농도를 미리 파악한 후, 이러한 배경농도를 벗어나는 이상치가 관측되었을 때 대응하는 것이 필요하다.
- [0064] 다음으로, CO₂ 농도 감지, 동위원소 분석 및 모니터링 단계(S420)에서는, CO₂의 지중 저장이 시작된 후, 도 1에 도시된 비포화대에 매설된 CO₂ 농도 감지 장치(180)에서 비포화대 가스의 CO₂의 농도를 측정하고, 지표면에 세워진 지표대기 분석장치(105)에서 지표대기의 CO₂의 농도를 측정하여, 도 1의 통신 장치(170, 190)를 통하여 모니터링 서버(195)로 전송하며, 모니터링 서버(195)에서 각각 비포화대 및 지표대기에서 측정된 CO₂의 농도와 기준 비포화대 및 지표대기 CO₂ 농도를 비교한다.
- [0065] 또한, 도 1에 도시된 지표대기 분석장치(105)의 동위원소 분석기(153)에서 CO₂, CH₄, H₂O, SO_x, H₂S 등의 기체 중 적어도 1종을 포함하는 지표대기의 기체 내 동위원소를 분석하여 도 1의 통신 장치(170)를 통하여 모니터링 서버(195)로 전송한다.
- [0066] 또한, 비포화대 CO₂ 농도 측정 센서(185), 일례로 NDIR 센서를 지표대기 분석 장치(105)의 분석부재(150)와 연결하여 동위원소 분석기(153)을 이용하여 비포화대 또는 비포화대 가스의 동위원소를 측정하여 도 1의 통신 장치(170)를 통하여 모니터링 서버(195)로 전송할 수도 있다.
- [0067] 결과신호 출력 단계(S431, S432)에서는 모니터링 서버에서, 측정 CO₂의 농도와 기준 CO₂ 농도를 비교한 결과를 이용하여 정상 신호 또는 이상 신호를 출력한다. 모니터링 서버는 측정된 CO₂ 농도와 기준 CO₂ 농도를 비교하여, 측정된 CO₂ 농도가 기준 CO₂ 농도보다 일정값 이상 크거나, 특정수치 또는 특정비율 이상인 경우 이상 신호를 발생시킬 수 있다.
- [0068] 모니터링 서버에서 이상 신호가 출력될 경우, 경보를 출력하는 과정(S433)이 더 포함되어, CO₂의 주입이 중단(S434)될 수 있도록 한다.
- [0069] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 비포화대 가스 및 지표대기의 CO₂ 농도 및 동위원소 모니터링 방법은 CO₂의 지중 저장 전에 미리 시간대별 비포화대 및 지표대기의 기준 CO₂ 농도를 측정 저장한 상태에서 실시간으로 비포화대 및 지표대기에서 감지되는 CO₂의 농도와 비교함으로써, 환경의 변화에 따른 CO₂ 농도 변화와 지중 저장된

CO₂의 누출에 의한 CO₂ 농도 변화를 쉽게 구별할 수 있다.

[0070] 또한, CO₂ 농도 측정뿐만 아니라 동위원소 분석기를 이용하여 실시간으로 비포화대 가스 및 지표대기에 포함된 기체의 동위원소를 분석함으로써 지중 저장된 CO₂의 누출 여부를 경제적인 방법으로 실시간 신뢰성 있게 모니터링할 수 있어 CO₂ 누출에 따른 대응 속도 향상과 더불어 지상 설비의 안정성을 확보할 수 있다.

[0071] 이상에서는 본 발명의 실시 예를 중심으로 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 기술자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형은 본 발명이 제공하는 기술 사상의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

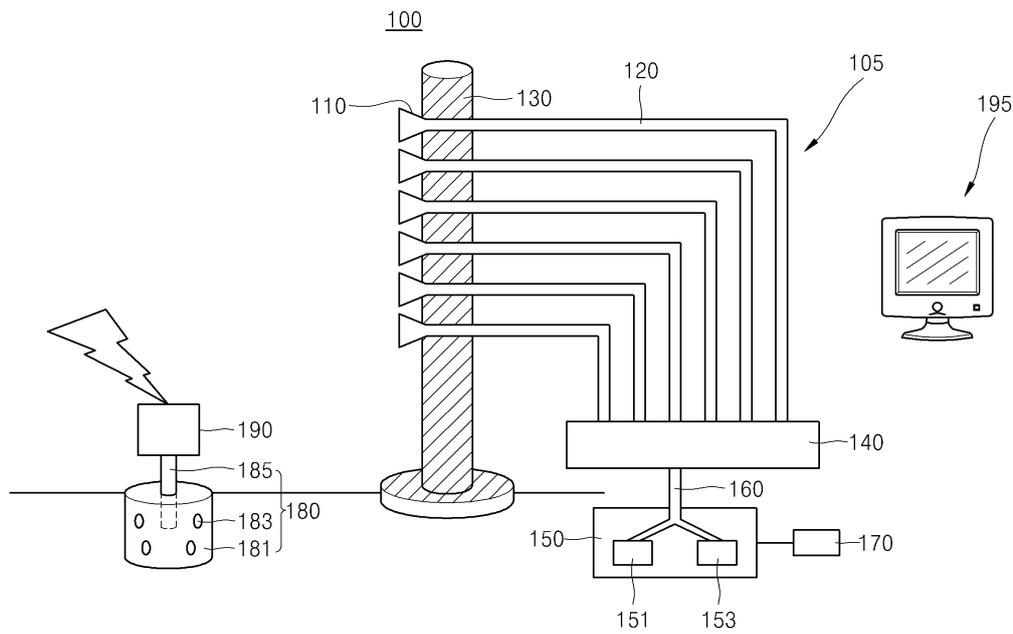
부호의 설명

[0072] 100 : 비포화대 가스 및 지표대기 CO₂ 농도 및 동위원소 모니터링 시스템

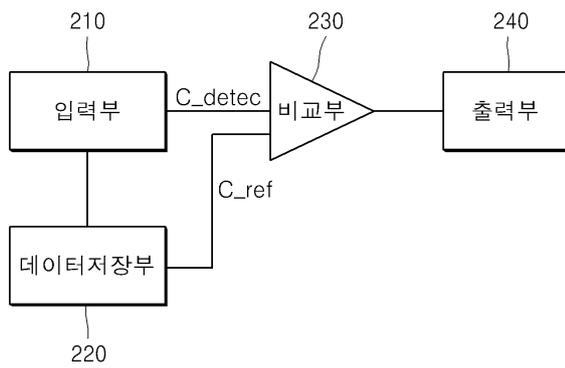
- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 105 : 지표대기 분석 장치 | 110 : 지표대기 기체 유입구 |
| 120 : 기체 이송부재 | 130 : 고정부재 |
| 140 : 채널 | 150 : 분석부재 |
| 151 : 지표대기 CO ₂ 농도 측정 센서 | 153 : 동위원소 분석기 |
| 160 : 연결부재 | 170 : 지표대기용 통신장치 |
| 180 : 비포화대 CO ₂ 농도 감지 장치 | 181 : 챔버 |
| 183 : 비포화대 기체 유입구 | 185 : 비포화대 CO ₂ 농도 측정 센서 |
| 190 : 비포화대용 통신장치 | 195 : 모니터링 서버 |
| 210 : 입력부 | 220 : 데이터저장부 |
| 230 : 비교부 | 240 : 출력부 |
| 310 : CO ₂ 저장부지 | 320 : 지표면 |
| 330 : 지하 토양층 | 340 : CO ₂ 지중 저장소 |

도면

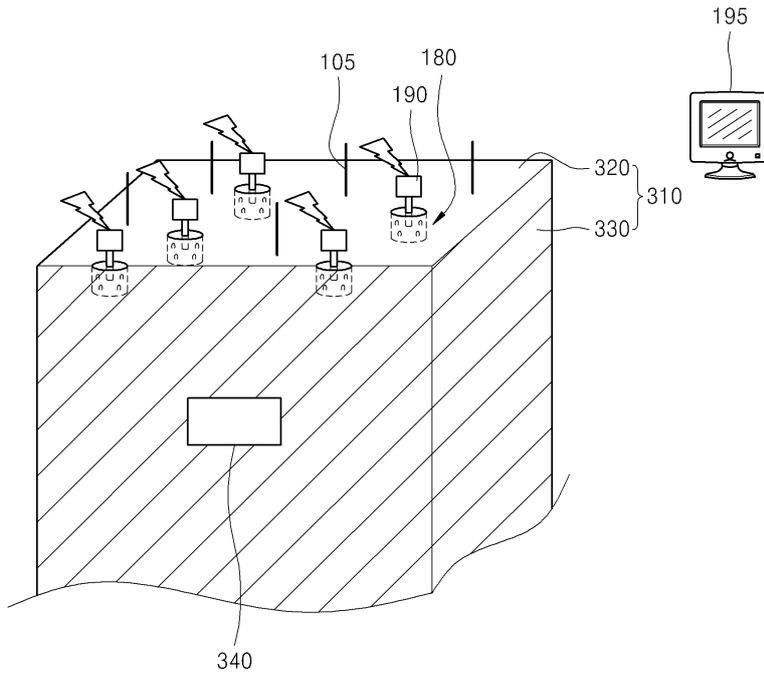
도면1



도면2



도면3



도면4

