



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0120869
(43) 공개일자 2019년10월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 3/00 (2006.01) C02F 101/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C02F 3/006 (2013.01)
C02F 2101/163 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0044209
(22) 출원일자 2018년04월17일
심사청구일자 2018년04월17일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
김영
서울특별시 송파구 올림픽로4길 42, 9동 1105호
서성규
세종특별자치시 달빛로 206, 903동 1503호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
정은열

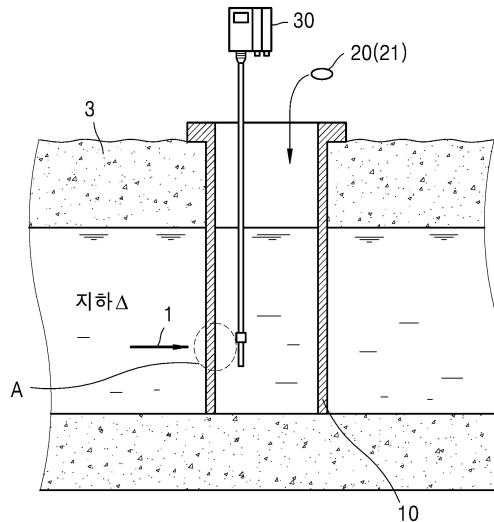
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템

(57) 요약

본 발명은 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 관한 것으로, 본 발명의 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템은, 본 발명의 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템은, 외면에 다수의 천공(11)을 구비한 중공관 형상으로 형성되고, 지중(underground, 3)의 지하수 유로 내에 배치되어, 내부로 지하수(1)가 유입되는 관정(10); 생물학적 탈질의 전자 공여체로 제공되는 유기 탄소원을 함유하는 정제(tablet) 형태의 정화제(21)를 포함하고, 관정(10) 내에 투입되어, 지하수(1) 내의 질산성 질소를 제거하는 정화부(20); 및 정화제(21)로부터 지하수(1) 내로 방출된 유기 탄소원의 농도를 측정하는 농도측정부(30);를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C02F 2209/05 (2013.01)

C02F 2209/06 (2013.01)

(72) 발명자

한경진

인천광역시 서구 청라라임로 17, 130동 403호

서동민

서울특별시 서초구 동작대로 200-6, 402호

염여훈

세종특별자치시 조치원읍 문화2길 60, 401호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015000550002

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국환경산업기술원

연구사업명 토양·지하수 오염방지 기술개발사업

연구과제명 SOURCE(Slow, Optimized and Uniformized Release Control for Environment) 기술을 이용한 고강도 질산성질소 오염원 통합 관리기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2015.04.01 ~ 2018.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

외면에 다수의 천공을 구비한 중공관 형상으로 형성되고, 지중(underground)의 지하수 유로 내에 배치되어, 내부로 지하수가 유입되는 관정;

생물학적 탈질의 전자공여체로 제공되는 유기 탄소원을 함유하는 정제(tablet) 형태의 정화제를 포함하고, 상기 관정 내에 투입되어, 상기 지하수 내의 질산성 질소를 제거하는 정화부; 및

상기 정화제로부터 상기 지하수 내로 방출된 상기 유기 탄소원의 농도를 측정하는 농도측정부;

를 포함하는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 정화부는,

상기 지하수의 수면에 부유하고, 소정의 시간 동안 지속적으로 상기 유기 탄소원을 방출하는 수면 부유형 정화제; 및

상기 지하수의 바닥에 침전되고, 소정의 시간 동안 지속적으로 상기 유기 탄소원을 방출하는 침전형 정화제;

를 포함하는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 정화부는,

상기 지하수의 수면과 바닥 사이의 수중에 부유하고, 소정의 시간 동안 지속적으로 상기 유기 탄소원을 방출하는 수중 부유형 정화제;

를 포함하는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 농도측정부는,

상기 관정 내 상기 지하수의 pH, 전기전도도, 흡광도, 초음파 속도, 및 색상 변화 중 적어도 어느 하나 이상을 감지하여, 상기 유기 탄소원의 농도를 측정하는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 농도측정부는,

상기 관정 내 상기 지하수의 전기전도도를 감지하는 EC 센서; 및

감지된 상기 전기전도도를 상기 유기 탄소원의 농도로 변환하여 산출하는 농도산출부;
를 포함하는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 농도측정부는,

상기 관정 내 상기 지하수의 수면에 부유하고, 상기 EC 센서가 소정의 수심에 배치되도록 상기 EC 센서의 케이블을 고정하는 센서고정부;

를 더 포함하는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 EC 센서는,

소정의 수심에 따라 분획된 상기 지하수의 수심영역별로, 적어도 하나 이상씩 배치되는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템.

청구항 8

청구항 5에 있어서,

상기 유기 탄소원은,

푸마르산염이고,

상기 농도산출부는,

하기 <수학식 1>에 따라 상기 푸마르산염의 농도를 산출하는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템.

<수학식 1>

$$C = a \cdot E + b \quad (0.48 \leq a \leq 0.51, 10.0 \leq b \leq 25.0)$$

여기서, C는 푸마르산염의 농도, E는 전기전도도.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 정화제를 투입하는 정화제투입부; 및

상기 농도측정부에서 측정된 농도를 기반으로, 상기 정화제투입부를 작동시켜, 상기 정화제의 투입을 제어하는 투입제어부;

를 더 포함하는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 유기 탄소원의 농도, 및 상기 정화제의 투입을 포함하는 지하수 수질관리 정보를 표시하는 디스플레이, 및 상기 지하수 수질관리 정보를 상기 디스플레이로 전송하는 통신모듈을 포함하는 모니터링부;

를 더 포함하는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 모니터링부는,

상기 통신모듈을 통해 상기 정화제투입부로 전송되는 상기 정화제투입부에 대한 작동명령을 입력하는 입력유닛;

을 더 포함하는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템.

청구항 12

청구항 10에 있어서,

상기 모니터링부는, 모바일 기기인 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 지하수 유로에 배치된 관정 내의 지하수를 모니터링하고, 원격/자동으로 정화제를 투입하여 질산성 질소를 저감시키는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근 비료의 과잉사용, 가정오수의 지하침투, 축산 폐기물의 부적절한 관리 등으로 인하여 질산성 질소에 의한 지하수 오염문제가 심각하다. 질산성 질소는 단백질과 같은 질소 화합물이 부패, 발효, 산화되는 과정에서 최종적으로 생성되는 물질로서, 물의 오염지표 및 수역에서의 부영양화 지표로 사용되고 있다. 질산성 질소는 화학적으로 불활성이지만 미생물에 의한 작용으로 환원될 수 있는데, 그 농도가 10 ppm 이상이면 갓난 아기에겐 청색증을 유발하는 등 심각한 질병을 발생시킬 수 있어서, 지하수 내 질산성 질소의 농도를 낮추는 것이 매우 중요하다.

[0004] 이에 지하수 내의 질산성 질소오염을 복원하는 기술로서, 웰투웰 순환법이 제안되었다. 하기 선행기술문헌의 특허문헌에 개시된 바와 같이, 웰투웰 순환법에 의하면, 질산성 질소로 오염된 지하수를 현장에서 채수하지 않은 상태로 복수의 처리용 우물을 이용하여 전자공여체의 투입과 지하수 순환을 통해 생물학적으로 질산성 질소를 제거할 수 있다.

[0005] 그러나 종래 웰투웰 순환법은 포름에이트 등의 전자공여체를 액상으로 투입하기 때문에 그 보관 및 관리가 용이하지 않고, 투입정과 순환정 2개의 우물을 파야 하므로 설치에 많은 비용이 소요되는 단점이 있다. 또한, 지하수를 지속적으로 모니터링할 수 없어서 즉각적인 지하수 수질관리가 이루어지지 않는 문제가 있다.

[0006] 이에 지하수의 수질을 관리하는 종래 기술에 따른 문제점을 해결하기 위한 방안이 절실히 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) KR 10-0538384 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 일 측면은 지중의 지하수 유로에 배치되는 관정 내의 지하수에서, 정화제로부터 방출된 유기 탄소원의 농도를 측정하여 그 지하수의 수질을 모니터링하고 그 수질에 따라 자동으로 정화제를 투입하여 지하수 내 질산성 질소를 저감하는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템을 제공하고자 하는 것이다.

[0011] 또한, 본 발명의 다른 측면은 수질관리자가 휴대하는 모바일 기기를 통해 지하수 수질에 관한 정보를 수신하고, 그 정보에 따라 관리자가 그 모바일 기기를 이용하여 원격으로 즉각적인 수질관리 조치를 취할 수 있는 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템은, 외면에 다수의 천공을 구비한 중공관 형상으로 형성되고, 지중(underground)의 지하수 유로 내에 배치되어, 내부로 지하수가 유입되는 관정; 생물학적 탈질의 전자공여체로 제공되는 유기 탄소원을 함유하는 정제(tablet) 형태의 정화제를 포함하고, 상기 관정 내에 투입되어, 상기 지하수 내의 질산성 질소를 제거하는 정화부; 및 상기 정화제로부터 상기 지하수 내로 방출된 상기 푸마르산염의 농도를 측정하는 농도측정부;를 포함한다.

[0014] 또한, 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 있어서, 상기 정화부는, 상기 지하수의 수면에 부유하고, 소정의 시간 동안 지속적으로 상기 유기 탄소원을 방출하는 수면 부유형 정화제; 및 상기 지하수의 바닥에 침전되고, 소정의 시간 동안 지속적으로 상기 유기 탄소원을 방출하는 침전형 정화제;를 포함한다.

[0015] 또한, 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 있어서, 상기 정화부는, 기 지하수의 수면과 바닥 사이의 수중에 부유하고, 소정의 시간 동안 지속적으로 상기 유기 탄소원을 방출하는 수중 부유형 정화제;를 포함한다.

[0016] 또한, 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 있어서, 상기 농도측정부는, 기 관정 내 상기 지하수의 pH, 전기전도도, 흡광도, 초음파 속도, 및 색상 변화 중 적어도 어느 하나 이상을 감지하여, 상기 푸마르산염의 농도를 측정한다.

[0017] 또한, 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 있어서, 상기 농도측정부는, 상기 관정 내 상기 지하수의 전기전도도를 감지하는 EC 센서; 및 감지된 상기 전기전도도를 상기 유기 탄소원의 농도로 변환하여 산출하는 농도산출부;를 포함한다.

[0018] 또한, 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 있어서, 상기 농도측정부는, 상기 관정 내 상기 지하수의 수면에 부유하고, 상기 EC 센서가 소정의 수심에 배치되도록 상기 EC 센서의 케이블을 고정하는 센서고정부;를 더 포함한다.

[0019] 또한, 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 있어서, 상기 EC 센서는, 소정의 수심에 따라 분획된 상기 지하수의 수심영역별로, 적어도 하나 이상씩 배치된다.

[0020] 또한, 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 있어서, 상기 유기 탄소원은, 푸마르산염이고, 상기 농도산출부는, 하기 <수학식 1>에 따라 상기 푸마르산염의 농도를 산출한다.

[0021] <수학식 1>

[0022] $C = a \cdot E + b$ ($0.48 \leq a \leq 0.51$, $10.0 \leq b \leq 25.0$)

- [0023] 여기서, C는 푸마르산염의 농도, E는 전기전도도.
- [0024] 또한, 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 있어서, 상기 정화제를 투입하는 정화제투입부; 및 상기 농도측정부에서 측정된 농도를 기반으로, 상기 정화제투입부를 작동시켜, 상기 정화제의 투입을 제어하는 투입제어부;를 다 포함한다.
- [0025] 또한, 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 있어서, 상기 유기 탄소원의 농도, 및 상기 정화제의 투입을 포함하는 지하수 수질관리 정보를 표시하는 디스플레이, 및 상기 지하수 수질관리 정보를 상기 디스플레이로 전송하는 통신모듈을 포함하는 모니터링부;를 더 포함한다.
- [0026] 또한, 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 있어서, 상기 모니터링부는, 상기 통신모듈을 통해 상기 정화제투입부로 전송되는 상기 정화제투입부에 대한 작동명령을 입력하는 입력유닛;을 더 포함한다.
- [0027] 또한, 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템에 있어서, 상기 모니터링부는, 모바일 기기이다.

[0029] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.

[0031] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

- [0033] 본 발명에 따르면, 지하수 유로에 배치된 관정 내에서 정화제로부터 방출된 유기 탄소원의 농도를 측정하여 지하수의 수질을 실시간 모니터링하고, 그 농도가 질산성 질소 저감을 위한 최소 유효농도에 도달하는 경우 자동으로 정화제를 투입하여 지속적이고 장기간 효과적으로 지하수의 수질을 관리할 수 있다.
- [0035] 또한, 수질관리자가 모바일 기기 등의 수단을 통해 지하수 수질에 관한 정보를 수신하고, 그 정보에 따라 관리자가 원격으로 정화제를 투입할 수 있으므로, 상황에 따른 즉각적인 수질관리 조치가 가능하다.
- [0037] 나아가, 관정 내 수심에 따라 분획된 수심영역별로 유기 탄소원의 농도를 측정하여, 그 수심영역에 배치될 수 있는 정화제를 선택적으로 투입함으로써, 수 미터의 수심 내에서도 균일하고 신속하게 오염원을 제거할 수 있다.
- [0039] 또한, 정화제가 고형의 정제 형태로 관정 내에 투입되므로, 종래 포름에이트 등의 전자공여체를 액상으로 투입하는 방법에 비해 보관 및 관리가 용이하고, 하나의 관정을 통해 오염원 저감이 이루어져서 설치가 간단하고 저비용으로 설비를 구축할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0041] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템을 개략적으로 도시한 단면도이다.
- 도 2는 도 1에 도시된 원 A를 확대한 단면도이다.
- 도 3은 도 1의 정화부를 실시예에 따라 도시한 단면도이다.

도 4는 본 발명의 제2 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템을 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 5는 본 발명의 제3 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템을 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 6은 본 발명의 제4 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템을 개략적으로 도시한 블록도이다.

도 7은 푸마르산염과 전기전도도 상관관계 분석실험에 사용된 3D PAM의 사진이다.

도 8은 푸마르산염 방출 시간에 대한 푸마르산염의 농도 및 전기전도도 그래프이다.

도 9는 전기전도도에 대한 푸마르산염의 농도 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 이하, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0044] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.

[0046] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템을 개략적으로 도시한 단면도이고, 도 2는 도 1에 도시된 원 A를 확대한 단면도이며, 도 3은 도 1의 정화부를 실시예에 따라 도시한 단면도이다.

[0047] 도 1 내지 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템은, 외면에 다수의 천공(11)을 구비한 중공관 형상으로 형성되고, 지중(underground, 3)의 지하수 유로 내에 배치되어, 내부로 지하수(1)가 유입되는 관정(10); 생물학적 탈질의 전자공여체로 제공되는 유기 탄소원을 함유하는 정제(tablet) 형태의 정화제(21)를 포함하고, 관정(10) 내에 투입되어, 지하수(1) 내의 질산성 질소를 제거하는 정화부(20); 및 정화제(21)로부터 지하수(1) 내로 방출된 유기 탄소원의 농도를 측정하는 농도 측정부(30);를 포함한다.

[0049] 지하수는 지중에 존재하는 물로서, 비료의 과잉사용, 가정오수의 지하침투 및 축산 폐기물의 부적절한 관리 등에서 비롯된 질산성 질소에 의해 오염된다. 수중의 질산성 질소를 제거하는 가장 효과적이며 효율적인 방법으로는 생물학적 탈질소화 방법이 있다. 탈질소화 반응은 종속영양 탈질화로서, $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$ 로 환원되는 과정으로서, 질산성 질소 및 아질산 질소가 종속영양 탈질 미생물에 의해 분자상의 질소가스(N_2)로 환원되어 제거된다. 산소가 풍부한 상태에서 대부분의 미생물들은 산소를 최종 전자수용체 (terminal electron acceptor)로 이용하여 질산화를 행하지만, 산소가 결핍된 환경에서는 탈질 미생물들이 산소를 대신해 NO_3^- 를 최종 전자수용체로 이용하여 호흡하므로, 탈질소화 과정은 보통 산소가 없는 상태나 산소 분압이 낮은 환경 (DO 0.2 mg/L 이하)에서 잘 일어난다.

[0051] 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템은 지중을 흐르는 지하수의 수질을 모니터링하고 수질에 따라 적절하게 정화제를 투입함으로써, 지하수 내의 질산성 질소를 제거하는 지하수 통합관리기술을 구축하고자 안출되었다.

[0052] 구체적으로, 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템은, 전술한 생물학적 탈질

소화 기술에 기반한 것으로, 관정(10), 정화부(20), 및 농도측정부(30)를 포함한다.

[0053] 여기서, 관정(10)은 내부에 중공을 구비하고 소정의 길이를 가지는 중공관 형상으로 형성된다. 중공관 형태의 관정(10)은 지중(3)의 지하수 유로를 가로질러, 일단은 지중(3)을 향하고, 반대쪽 타단은 지상을 향하도록 배치되는데, 이때 관정(10)을 배치하기 위한 별도의 굴착작업이 필요할 수 있다. 이 경우, 지하수 유로의 위쪽 지표에서부터 소정의 깊이까지 구멍을 굴착하고, 그 구멍에 관정(10)을 삽입한다. 이때, 관정(10)의 타단이 지표에 노출되도록 삽입하여, 그 부분을 통해 후술하는 정화부(20)의 정화제(21)를 투입할 수 있다. 다만, 정화제 투입구가 반드시 관정(10)의 타단 개구부에 한정되어야 하는 것은 아니므로, 관정(10)의 외면에 별도로 투입구가 마련되어도 무방하다.

[0054] 이렇게 관정(10)이 배치되는 경우, 지하수 유로를 따라 흐르는 지하수(1)가 관정(10)의 외면에 부딪히게 되는데, 그 외면에 두께방향으로 다수의 천공(11)이 관통되어 구비되는바, 지하수(1)는 어느 일 방향의 천공(11)을 통해 관정(10) 내로 유입되어(도 2의 (a) 참조), 내부에 수용되었다가 다른 방향의 천공(11)을 통해 배출된다. 여기서, 천공(11)의 직경은 지하수(1)와 함께 유동하는 토양이 관정(10) 내로 유입되지 않도록, 토양 입자보다 작게 형성되는 것이 바람직하지만, 그렇다고 하여 그 직경이 반드시 토양 입자보다 작아야 하는 것은 아니다.

[0055] 한편, 관정(10)의 외면에는 여과사(13)가 배치될 수 있다(도 2의 (b) 참조). 여과사(13)는 입자가 굵은 모래로서, 굴착된 구멍과 관정(10) 사이의 유격에 배치되어 미세공극을 제공한다. 따라서, 토양이나 이물질이 여과사(13)에 의해 형성된 미세공극에 의해 걸리므로, 천공(11)을 통해 관정(10) 내로 유입되는 것이 차단된다. 이때, 여과사(13)는 모래팩에 채워져 관정(10) 둘레를 감싸도록 배치되어도 무방하다.

[0056] 이러한 관정(10)은 지하수 유로 내에 적어도 하나 이상 배치될 수 있다.

[0058] 정화부(20)는, 관정(10)에 투입되어 지하수(1) 내의 질산성 질소를 제거하는 정화제(21)를 포함한다. 여기서, 정화제(21)는 단단하게 굳어 일정한 형체를 가지는 고형의 정제(tablet) 형태로 형성되고, 주성분으로 생물학적 탈질의 전자공여체로 제공되는 유기 탄소원을 함유한다. 이러한 정화제(21)는 정제 형태로 관정(10) 내로 투입되지만, 지하수(1) 내에서 용해되므로 유기 탄소원이 지하수(1) 내로 방출된다. 탈질소화 과정에 관여하는 미생물들이 모두 명확히 동정된 것은 아니지만, 대표적으로는 *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Thiobacillus*, *Propionibacillus* 등이 있다. 이러한 미생물은 일반 토양 내에 광범위하게 존재하므로 생물학적 탈질소화 방법을 적용함에 있어 특정 미생물을 목표 지역에 투입할 필요는 없다. 탈질의 경우 유기물을 전자공여체로 사용하기 때문에 탈질을 증가시키기 위해서는 유기 탄소원의 공급이 필요하므로, 정화제(21)는 유기 탄소원을 함유한다. 이때, 유기 탄소원의 일례로, 포름에이트(Formate), 프로피온에스테르(Propionate), 락테이트(Lactate), 푸마르산(fumarate) 등을 사용할 수 있다. 이 중에서도, 푸마르산염(f)은 질산성 질소 제거효율이 높고 저가이며, 실험적으로 3 mg/ml의 농도로 물에 함유된 푸마르산염(f)의 경우 그 pH가 7.31에 해당하여 인체 및 환경에 무해하므로, 효율 및 경제성, 안정성을 고려할 때에 푸마르산염(f)이 유기 탄소원으로 적합하다.

[0059] 이러한 푸마르산염(f)은 전체 정화제(21) 중량 대비 30 ~ 70 %(w/w) 중량으로 정화제(21)에 함유될 수 있다. 푸마르산염(f)의 함량이 높은 경우에는 관정(10)의 미세한 천공(11)이 폐쇄되거나 미생물의 과도한 번식을 유발해 수질오염이 초래될 수 있고, 반면 그 함량이 낮은 경우에는 탈질소화 효과가 만족스럽게 발생하지 않아서 목적하는 효과를 달성할 수 없으므로, 이를 고려하여 푸마르산염(f)의 중량을 정할 필요가 있다. 따라서, 정화제(21)의 성분, 지하수(1) 유속 및 유량, 질산성 질소의 농도 등을 고려하여, 전술한 중량과 달리 푸마르산염(f)이 함유될 수도 있다. 다만, 푸마르산염은 유기 탄소원의 일례이고, 이하에서 설명의 편의를 위해 유기 탄소원으로서 푸마르산염을 기재하지만, 본 발명의 유기 탄소원이 반드시 푸마르산에 한정되는 것은 아니므로, 이에 의해 본 발명의 권리범위가 제한되어서는 안 된다.

[0060] 이러한 유기 탄소원 외에도, 정화제(21)는 약제학적으로 허용되는 부형제 성분을 함유할 수 있다. 또한, 완효성을 가지도록, 즉 소정의 시간 동안 지속적으로 서서히 푸마르산염(f)이 방출되도록, 서방화 고분자 물질을 포함할 수도 있다. 여기서, 사용 가능한 서방화 고분자 물질로는, 예를 들어 히드록시프로필메틸셀룰로즈, 히드록시메틸셀룰로즈, 및 히드록시에틸셀룰로즈로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 1개 이상일 수 있다. 이러한 서방화 고분자 물질의 함유 정도에 따라 푸마르산염(f)의 용출속도가 제한되는데, 종류에 따라서는 24시간 또는 그 이상에 걸쳐 유기 탄소원을 지속적으로 방출시킬 수 있다.

[0061] 한편, 이러한 정화제(21)는 수중에 배치되는 위치에 따라, 수면 부유형 정화제(21a), 및 침전형 정화제(21b)로

존재할 수 있다(도 3의 (a) 참조).

- [0062] 수면 부유형 정화제(21a)는 지하수(1)의 수면에 부유하는 정화제(21)로서, 지표 부근에서부터 유출되어 지하수(1) 수면으로 유입되는 질산성 질소를 효과적으로 제거한다. 수면 부유형 정화제(21a)는 그 형태에 따른 부력에 의해 수면에 뜰 수 있지만, 별도의 성분을 함유하여 부유성을 가질 수도 있다. 부유성을 부여하는 성분으로서, 수면 부유형 정화제(21a)는 탄산염 및 유기산을 함유할 수 있다. 이러한 탄산염과 유기산은 지하수(1) 내에서 용출되면서 서로 반응하여 이산화탄소(c)를 방출하므로, 그 이산화탄소(c) 분출에 대한 반력으로 추력이 발생하여, 수면 부유형 정화제(21a)가 수면에 부유하게 된다. 여기서, 탄산염은 탄산수소나트륨, 탄산칼륨, 탄산나트륨, 탄산칼슘, 탄산암모늄 및 탄산마그네슘으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 1개 이상을 포함할 수 있고, 유기산은 아스코르빈산, 숙신산, 타르타르산, 시트르산, 및 말산으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 1개 이상을 포함할 수 있다. 이때, 정화제(21)의 필수 성분인 유기 탄소원 중 푸마르산염(f)도 유기산으로서 탄산염과 반응하므로, 여기서 유기산은 푸마르산염(f)일 수도 있다. 바람직하게는, 탄산염으로서 탄산칼륨을, 유기산으로서 시트르산을 각각 사용할 수 있는데, 탄산염 및 유기산이 반드시 전술한 바에 한정되는 것은 아니고, 서로 반응하여 이산화탄소(c)를 방출할 수 있는 한 모든 공지의 재료를 포함할 수 있다. 한편, 탄산염 및 유기산의 합산 중량은 수면 부유형 정화제(21a)의 총 중량 대비 30 ~ 55 %(w/w)일 수 있다. 이는 수면 부유형 정화제(21a)의 부유성 확보를 위한 최적의 함량 범위이고, 그 범위에서 수면 부유형 정화제(21a)의 성분, 지하수(1)의 상태 등에 따라 정할 수 있는데, 필요한 경우 전술한 범위와 달리 정할 수도 있다.
- [0063] 침전형 정화제(21b)는 관정(10) 내 지하수(1)의 수중 바닥에 침전되는 정화제(21)의 형태이다. 여기서, 지하수(1)의 수중 바닥은, 일단이 개방된 관정(10)인 경우에는 지하수 유로의 바닥면을, 일단이 폐쇄된 관정(10)인 경우에는 그 바닥면을 통칭한다. 이러한 침전형 정화제(21b)는 그 형태, 중량 등에 의해 가라앉거나, 또는 별도의 위치 조절제를 함유함으로써 수중 바닥에 위치할 수 있다. 여기서, 사용 가능한 위치 조절제의 일례로, 메타규산나트륨(Na_2SiO_3), 디칼슘포스페이트(Dicalcium phosphate), 벤토나이트(Bentonite), 모래 등을 들 수 있다. 이때, 위치 조절제의 중량은 침전형 정화제(21b)의 총 중량 대비 25 ~ 55 %(w/w)일 수 있는데, 다만 위치 조절제의 종류 및 중량이 반드시 이에 한정되어야 하는 것은 아니고, 지하수(1)의 조건, 및 오염도 등을 종합적으로 고려하여 정할 수 있다. 위에서 설명한 바와 같이, 정화제(21)가 수면 부유형 정화제(21a), 및 침전형 정화제(21b) 형태로 구현되는 경우, 지하수(1) 수면과 수중 바닥에서 동시에 질산성 질소를 효과적으로 제거할 수 있다.
- [0064] 또한, 정화제(21)는, 수중 부유형 정화제(21c)의 형태로도 존재할 수 있다(도 3의 (b) 참조). 수중 부유형 정화제(21c)는 지하수(1)의 수면과 바닥 사이의 수중, 즉 소정의 수심에서 부유하는 정화제(21)이다. 수 미터 이상의 관정(10)을 사용하는 경우, 수면 부유형 정화제(21a)와 침전형 정화제(21b)를 사용하더라도, 방출 범위가 제한되어 수면과 바닥 사이의 중간 수심 부근에까지 유기 탄소원이 도달하지 않을 수 있으므로, 수중 부유형 정화제(21c)를 투입함으로써 그 부근에서의 질산성 질소를 제거할 수 있다. 이러한 수중 부유형 정화제(21c)가 소정의 수심 범위에 배치되기 위해서, 전술한 수면 부유형 정화제(21a)에 부유성을 부여하는 성분, 및 침전형 정화제(21b)에 함유되는 위치 조절제를 함유할 수 있다. 이 경우, 부유성 부여 성분과 위치 조절제의 함유량을 조절함으로써 수중 부유형 정화제(21c)의 초기 위치를 결정할 수 있는데, 부유성 부여 성분은 시간이 지남에 따라 용출되어 소모되기 때문에, 수중 부유형 정화제(21c)가 초기 위치에 고정되는 것은 아니고, 서서히 가라앉게 된다. 따라서, 수중 부유형 정화제(21c)는 초기 위치에서부터 수중 바닥까지의 구역 내에서 오염원을 제거한다.
- [0066] 한편, 농도측정부(30)는, 정화제(21)로부터 방출된 유기 탄소원(일례로, 푸마르산염(f))의 농도를 측정하는 수단이다. 유기 탄소원은 탈질 증가를 위해 제공되기 때문에, 그 농도가 일정 수준 이하로 떨어지게 되면 질산성 질소의 제거가 제한된다. 생물학적 탈질에 있어서, 질산성 질소와 그 부산물(NO_2^- , NO , N_2O)이 전자수용체로 이용되고, 유기 탄소원이 전자공여체로 사용되므로, 질산성 질소의 저감과 유기 탄소원의 분해가 동시에 일어나고, 이로 인해 질산성 질소가 저감되는 시간 동안 유기 탄소원의 농도는 지속적으로 낮아지게 된다.
- [0067] 따라서, 질산성 질소의 저감을 나타내는 지표로서, 유기 탄소원의 농도는 생물학적 탈질소화를 적용하는 수질관리에 있어, 매우 중요한 요소 중 하나이다. 이에 질산성 질소를 제거할 수 있는 최소 유효농도 이상으로 유기 탄소원의 농도가 유지되어야 하는바, 그 판단계로서 농도측정부(30)를 통해 유기 탄소원의 농도를 측정한다.
- [0068] 그 농도는, 관정(10) 내 지하수(1)의 pH, 전기전도도, 흡광도, 초음파 속도, 및 색상 중 적어도 어느 하나 이상의 변화를 감지함으로써 측정할 수 있다. 유기 탄소원은 정화제(21)에 소정의 함량으로 함유되었다가 관정(10)

내 지하수(1)에서 서서히 방출되어 소모되고, 관정(10) 내 지하수(1)는 관정(10)의 천공(11)을 통해 유입 및 유출되므로, 관정(10) 내 지하수(1)에서 용해된 유기 탄소원, 및 질산성 질소의 양은 시간에 따라 계속 변하게 된다. 따라서, 관정(10) 내 지하수(1)의 pH, 전기전도도, 흡광도, 초음파 속도, 및 색상과 같은 물리량 변화를 측정하고 이를 기반으로 유기 탄소원의 농도를 산정할 수 있다. 이때, 물리량 변화는 센서, 시험지, 시약, 특수 장치를 이용하여 측정할 수 있고, 측정된 물리량과 유기 탄소원 농도와의 상관관계로부터 최종적으로 푸마르산염(f)의 농도를 산출할 수 있다.

[0069] 이하에서는, 농도측정부(30)가 전기전도도 측정을 통해 농도를 산출하는 구체적 내용에 대해 설명한다. 다만, 하기의 내용은 농도측정부(30)를 설명하기 위한 일실시예이고, 이에 의해 농도측정부(30)가 한정되어 본 발명의 권리범위가 정해지는 것은 아니다.

[0071] 도 4는 본 발명의 제2 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템을 개략적으로 도시한 단면도이다.

[0072] 도 4를 참고로, 본 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템의 농도측정부(30)는, EC 센서(31), 및 농도산출부(33)를 포함할 수 있다.

[0073] EC 센서(31)는 전기전도도 센서로서, 관정(10) 내에 배치되어 지하수(1)의 전기전도도를 감지한다. 전기전도도는 전기를 통하는 정도를 수치화한 것으로, EC 센서(31)의 전극 사이에 용액이 갖는 전기저항의 역수로 정의된다.

[0074] 한편, 용액의 전기전도도는 이온 농도가 높아질수록 커지는데, 관정(10) 내 지하수(1)에서의 유기 탄소원의 농도와 EC 센서(31)에 의해 측정되는 전기전도도 사이의 특성을 비교해 보면, 그 농도와 전기전도도 값은 서로 비례하는 양상을 보인다. 따라서, EC 센서(31)를 통해 측정된 전기전도도를 기반으로 유기 탄소원의 농도를 산출할 수 있다.

[0075] 여기서, 농도 산출은 농도산출부(33)에서 이루어진다. 즉, 농도산출부(33)가 EC 센서(31)에서 감지한 전기전도도를 유기 탄소원의 농도로 변환하여 산출한다. 이러한 농도산출부(33)는 컴퓨팅 장치의 소프트웨어로 구현되는 바, 소정의 알고리즘에 따라 전기전도도를 처리하여 유기 탄소원의 농도를 산출할 수 있다. 일례로, 유기 탄소원으로 푸마르산염을 사용하는 경우, 전기전도도와 푸마르산염의 농도는 아래의 <수학식 1>과 같이 1차 함수 관계로 나타낼 수 있으므로, 그 함수 관계를 알고리즘에 반영함으로써 푸마르산염의 농도를 산출할 수 있다.

[0076] <수학식 1>

[0077] $C = a \cdot E + b$ ($0.48 \leq a \leq 0.51$, $10.0 \leq b \leq 25.0$)

[0078] 여기서, C는 푸마르산염의 농도이고, E는 전기전도도이다.

[0080] 한편, 상기 EC 센서(31)는 센서고정부(35)에 의해 고정될 수 있다. 일실시예로서, 센서고정부(35)는 관정(10) 내 지하수(1)의 수면에 부유할 수 있는 부유체로, EC 센서(31)의 케이블을 고정할 수 있는 고리, 클램프, 집게 등과 같은 고정구(도시되지 않음)를 구비할 수 있다. 따라서, EC 센서(31)의 케이블이 센서고정부(35)에 고정되어, 소정의 수심에 EC 센서(31)가 배치된다. 다만, 센서고정부(35)가 반드시 전술한 형태 및 구성으로 제공되어야 하는 것은 아니고, 소정의 수심에 EC 센서(31)를 위치시킬 수 있는 수단이면 제한 없이 채용 가능하다.

[0082] 본 발명에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템은, 전술한 정화제(21)의 투입을 제어하기 위한 수단으로서, 정화제투입부(40), 및 투입제어부(50)를 포함할 수 있다.

[0083] 여기서, 정화제투입부(40)는 관정(10) 내로 정화제(21)를 투입하는 장치이다. 이러한 정화제투입부(40)는 정화제(21)를 수용하는 용기, 상기 용기의 배출구를 개폐하는 개폐장치 등으로 구성될 수 있고, 블로워 또는 압축공기 분사노즐이 추가로 장착되어 정화제(21)를 압송하여 관정(10) 내로 투입할 수 있게 구현될 수도 있다. 다만, 정화제투입부(40)가 반드시 이에 한정되어야 하는 것은 아니고, 정화제(21) 투입이 가능한 다양한 형태 및 구성으로 구현될 수 있다. 한편, 정화제(21)는 전술한 바와 같이, 수면 부유형 및 침전형, 그리고 수중 부유형으로도 존재할 수 있는바, 각각의 형태별로 서로 분리되어 정화제투입부(40)에 수용되었다가 독립적으로 투입될 수

있다. 또한, 도시되지는 않았지만, 현장에서 수면 부유형 정화제(21a), 침전형 정화제(21b), 및/또는 수중 부유형 정화제(21c)를 제조하여 정화제투입부(40)로 공급하는 정화제제조부가 마련될 수도 있다.

[0085] 한편, 투입제어부(50)는 정화제투입부(40)의 작동을 제어하는 수단으로서, 농도측정부(30)로부터 측정된 유기 탄소원의 농도 데이터를 전송받아, 그 농도에 따라 정화제투입부(40)에 대한 작동명령을 생성한다. 측정된 농도가 질산성 질소 제거에 필요한 최소 유효농도 이하일 경우에는 정화제 투입 명령을, 측정된 농도가 기설정된 최대 유효농도 이상일 때에는 정화제 투입 중지 명령을 생성하여, 정화제투입부(40)의 작동을 제어한다. 이러한 투입제어부(50)는 컴퓨팅 장치에 의해 구현되어 푸마르산염의 농도 데이터를 기반으로 정화제투입부(40)에 대한 작동명령을 생성하고, 그 명령에 따라 전압 등을 인가하는 방식으로 밸브 등을 작동시켜 정화제투입부(40)의 배출구를 개폐시킬 수 있다. 다만, 이러한 투입제어부(50)의 정화제투입부(40)에 대한 제어방식은 일례에 불과하므로, 이에 의해 본 발명의 권리범위가 제한되어서는 안 된다.

[0087] 종합적으로, 본 발명에 따르면, 지하수 유로에 배치된 관정(10) 내에서 정화제(21)로부터 방출된 유기 탄소원의 농도를 측정하여 지하수(1)의 수질을 실시간으로 모니터링하고, 그 농도가 질산성 질소 저감을 위한 최소유효농도에 도달하는 경우 자동으로 정화제(21)를 투입할 수 있으므로, 지속적이고 장기간 효과적으로 지하수(1)의 수질을 관리할 수 있다.

[0089] 한편, 투입제어부(50)는 수면 부유형, 침전형, 및/또는 수중 부유형 등과 같은 형태별로 투입 순서를 지정하여 정화제(21)의 투입을 제어할 수도 있다. 이와 관련하여, 지하수(1)의 수심에 따른 푸마르산염의 농도 측정이 필요한데, 자세한 사항은 아래에서 설명한다.

[0091] 도 5는 본 발명의 제3 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템을 개략적으로 도시한 단면도이다.

[0092] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템의 EC 센서(31)는 다수 개로, 지하수(1)의 수심에 상하배열될 수 있다.

[0093] 관정(10) 내에 수용된 지하수(1)는 지하수 유로의 높이에 대응하는 수위를 가지므로, 그 수위가 수 미터 이상일 수 있고, 그 수심에 따라 질산성 질소의 농도도 서로 다를 수 있다. 이 경우, 전술한 바와 같이, 수면 부유형 정화제(21a) 및 침전형 정화제(21b)의 투입만으로는, 수면과 바닥 사이의 중간 수심 부근에서 질산성 질소의 제거가 제한될 수 있으므로, 본 발명에서 수중 부유형 정화제(21c)를 도입하였다. 따라서, 투입제어부(50)를 통해 수면 부유형 정화제(21a), 침전형 정화제(21b), 및 수중 부유형 정화제(21c)의 투입을 보다 효과적으로 제어하기 위해서, 지하수(1)의 수심에 따른 유기 탄소원의 농도 데이터를 획득할 필요가 있다. 이에, 본 발명에서는 소정의 수심에 따라 분획된 지하수(1)의 수심영역별(D1, D2, D3)로, 적어도 하나 이상의 EC 센서(31)를 배치할 수 있다. 이렇게 배치된 EC 센서(31)는 그 수심영역(D1, D2, D3)에 대한 전기전도도를 각각 감지하므로, 농도산출부(33)를 통해 수심영역별(D1, D2, D3) 유기 탄소원의 농도 데이터를 확보할 수 있고, 그 데이터를 기반으로 투입제어부(50)는 수면 부유형 정화제(21a), 침전형 정화제(21b), 및 수중 부유형 정화제(21c)의 투입 여부 및/또는 투입 순서 등에 관한 작동명령을 생성하여 정화제투입부(40)를 제어할 수 있다.

[0095] 종합적으로, 본 발명에 따르면, 관정(10) 내 수심에 따라 분획된 수심영역별(D1, D2, D3)로 유기 탄소원의 농도를 측정하여, 그 수심영역에 배치될 수 있는 정화제(21)를 선택적으로 투입함으로써, 수 미터의 수심 내에서도 균일하고 신속하게 오염원을 제거할 수 있다.

[0097] 도 6은 본 발명의 제4 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템을 개략적으로 도시한 블록도이다.

[0098] 도 6을 참고로, 본 실시예에 따른 질산성질 오염 지하수 생물학적 정화 및 모니터링 시스템은, 모니터링부(60)

를 더 포함할 수 있다.

- [0099] 모니터링부(60)는 수질관리자에게 지하수(1) 수질관리에 관한 정보를 제공하는 수단으로, 수질관리자는 이를 통해 효과적으로 지하수(1)의 수질을 관리할 수 있다. 이러한 모니터링부(60)는, 디스플레이(61), 및 통신모듈(63)을 포함할 수 있다.
- [0100] 디스플레이(61)는 지하수 수질관리 정보를 문자, 도형, 그래프 등의 형태로 출력하여 표시하는 기구로서, 지하수 수질관리 정보는 농도측정부(30)에서 측정된 유기 탄소원의 농도, 및 정화제(21)의 투입과 중지 등에 관한 것이다. 따라서, 수질관리자는 표시된 지하수 수질관리 정보를 시각적으로 인지하여, 지하수(1)의 수질을 모니터링할 수 있다.
- [0101] 통신모듈(63)은 지하수 수질관리 정보를 디스플레이(61)로 전송하는 통신 수단으로서, 여기서 통신은 유무선 통신을 모두 포함할 수 있다. 지하수 수질관리 정보는 농도측정부(30), 투입제어부(50), 및/또는 별도의 서버(도시되지 않음)에 저장되므로, 통신모듈(63)을 통해 그 정보를 디스플레이(61)로 전송한다.
- [0103] 한편, 모니터링부(60)는, 입력유닛(65)을 더 포함할 수 있다. 입력유닛(65)은 수질관리자가 정화제투입부(40)에 대한 작동명령을 입력할 수 있도록 마련된 수단으로, 이에 의해 입력된 작동명령은 통신모듈(63)을 통해 정화제투입부(40)로 전송되어, 정화제(21) 투입을 제어하게 된다. 따라서, 정화제투입부(40)는, 투입제어부(50)에 의해 자동으로 그 작동이 제어되거나, 또는 수질관리자에 의해 원격으로 제어될 수 있다.
- [0105] 전술한 바와 같이 구성되는 모니터링부(60)는 모바일 기기로 구현될 수 있다. 모바일 기기는 노트북, 스마트폰, 태블릿 PC, PDA 등과 같이 휴대할 수 있는 정보 통신 기기로, 지하수 수질관리 정보를 수신하고 표시할 수 있으며 정화제투입부(40)에 대한 작동명령을 입력할 수 있는 소정의 소프트웨어를 설치하여 전술한 모니터링부(60)의 기능을 수행한다.
- [0106] 따라서, 본 발명에 따르면, 수질관리자가 모바일 기기 등의 수단을 통해 지하수(1) 수질에 관한 정보를 수신하고, 그 정보에 따라 관리자가 원격으로 정화제(21)를 투입할 수 있으므로, 상황에 따른 즉각적인 수질관리 조치가 가능하다.
- [0108] 이하에서는 지하수 내의 푸마르산염의 농도와 전기전도도 상관관계를 실험예를 통해 구체적으로 설명한다.
- [0109] 도 7은 푸마르산염과 전기전도도 상관관계 분석실험에 사용된 3D PAM의 사진이고, 도 8은 푸마르산염 방출 시간에 대한 푸마르산염의 농도 및 전기전도도 그래프이며, 도 9는 전기전도도에 대한 푸마르산염의 농도 그래프이다.
- [0110] 본 실험에서는 3D PAM(Physical Aquifer Model)을 이용해 관정 내 푸마르산염(Fumarate)의 농도와 전기전도도(EC) 상관관계를 분석하였다. 실험에 사용된 3D PAM은 도 7((a)는 대각선 방향에서, (b)는 후면 방향에서 각각 촬영한 사진)과 같이, 내부가 보이는 15mm 두께의 투명 PVC 판재(MMP CO., Sekisul, Japan)를 이용하여 폭 70cm, 길이 160cm, 높이 98cm 크기로 제작하였다. 제작된 3D PAM의 전면과 후면에는 층별 균질한 지하수의 주입/추출을 위해 외경 4mm 튜브의 설치가 가능한 원터치기구(SANG-A CO., Korea)를 각각 9개씩 설치하였다. 3D PAM에 내에는 내경 7.62cm 관정(IW-1과 IW-2)을 주입용액 흐름방향을 따라 각각 1개씩 설치하였고, 각각의 관정(IW-1과 IW-2)에는 심도별 관정 내 지하수의 모니터링이 가능하도록 상부(-21cm 심도), 중간(-46cm 심도), 하부(-71cm 심도)에 시료채취구 튜브를 장착하였으며, 관정의 중간부(-46cm 심도)에 EC 센서를 설치하였다.
- [0111] 3D PAM 내에 토양을 충전하고, 9채널의 정량펌프(KOREA P&S, Seoul, Korea)를 이용하여 질산성 질소가 용존되어 있는 주입용액을 주입한 후, 수면 부유형 정화제와 침전형 정화제를 관정에 투입하였다. 그리고 나서 30초 간격으로 EC 센서를 통해 전기전도도를 측정하면서, 시료채취구 튜브를 통해 확보한 관정 내 용액을 분석하여 푸마르산염의 농도를 측정하였다.
- [0112] 그 결과, 푸마르산염이 방출되는 시간 동안 푸마르산염의 농도 변화와 전기전도도 변화가 유사하게 나타남을 확인하였다(도 8 참조).
- [0113] 또한, 측정된 푸마르산염의 농도 측정 결과와 전기전도도의 측정 결과의 상관관계를 파악한 결과, 두 측정값은

선형으로 비례하였다(도 9 참조). 이는 특정 시간에 관정 내 지하수의 전기전도도를 측정함으로써, 그 시간의 푸마르산염의 농도를 산출할 수 있음을 나타내는 것이다.

[0115] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세히 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함이 명백하다.

[0117] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속한 것으로 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

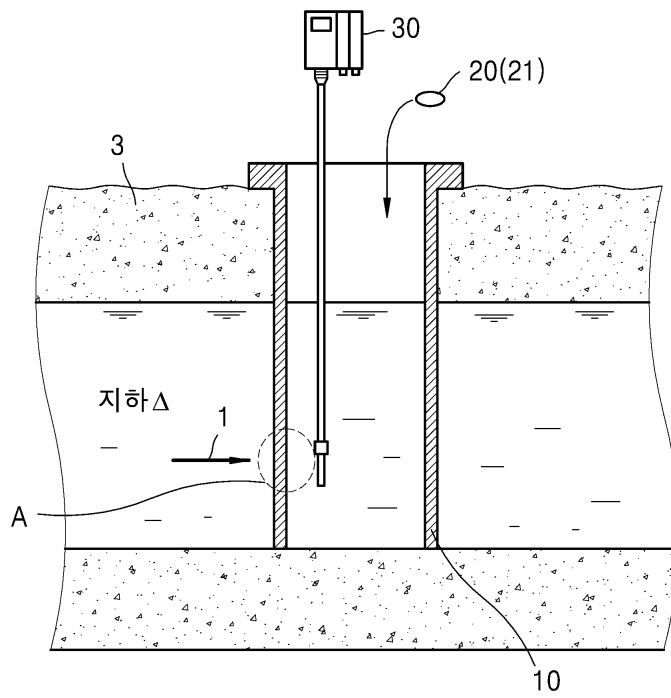
부호의 설명

[0119]

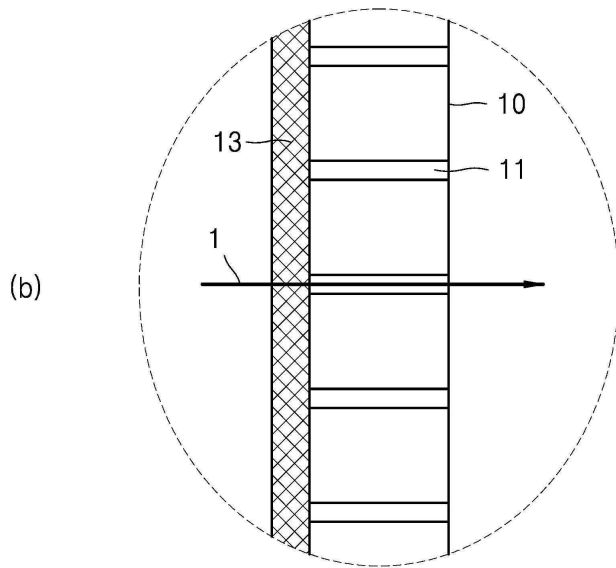
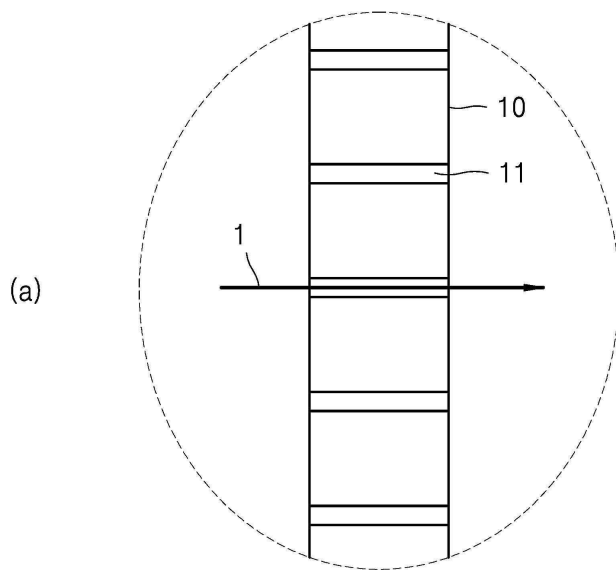
1: 지하수	3: 지중
10: 관정	11: 천공
13: 요과사	20: 정화부
21: 정화제	21a: 수면 부유형 정화제
21b: 침전형 정화제	21c: 수중 부유형 정화제
30: 농도측정부	31: EC 센서
33: 농도산출부	35: 센서고정부
40: 정화제투입부	50: 투입제어부
60: 모니터링부	61: 디스플레이
63: 통신모듈	65: 입력유닛

도면

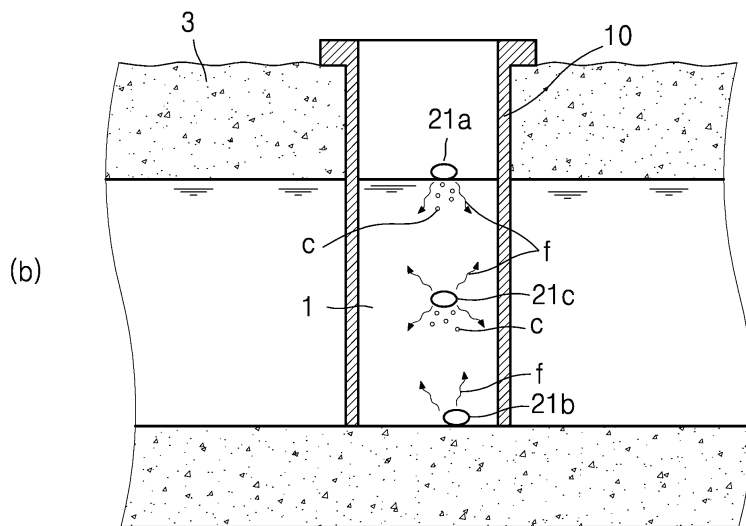
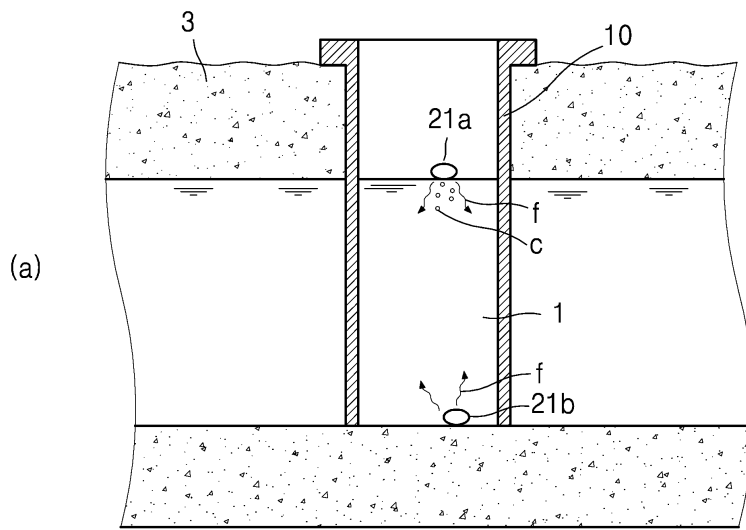
도면1



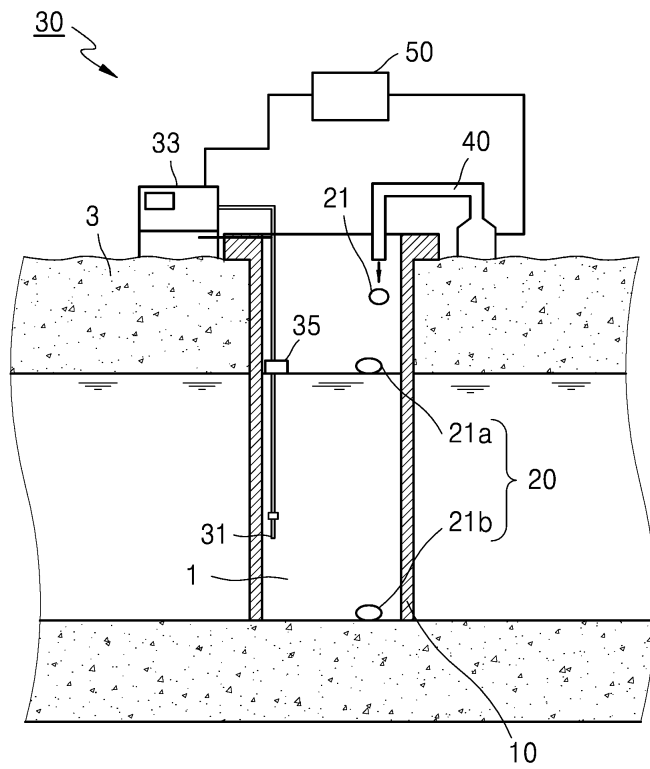
도면2



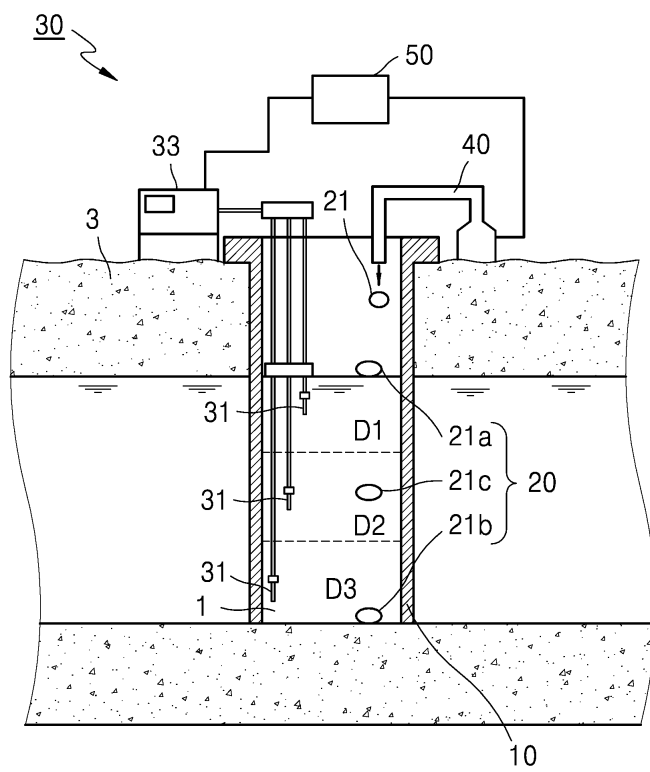
도면3



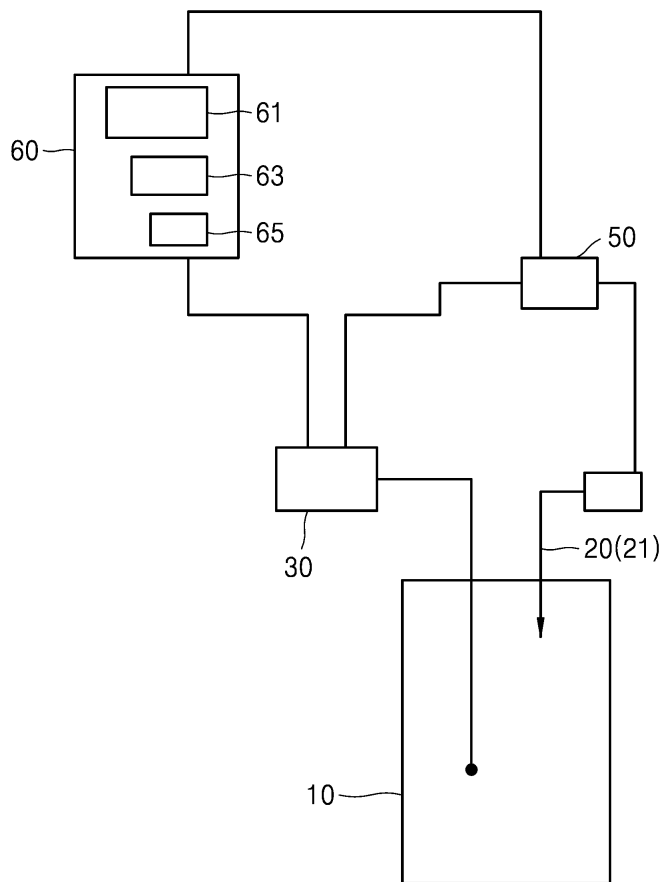
도면4



도면5



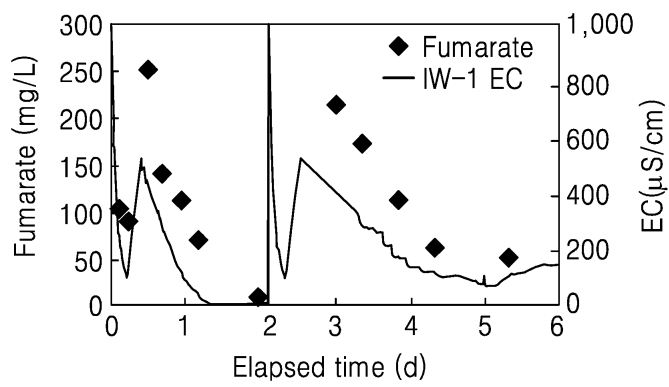
도면6



도면7



도면8



도면9

