



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0119678
(43) 공개일자 2010년11월10일

(51) Int. Cl.

C02F 1/28 (2006.01) *B09C 1/08* (2006.01)
C02F 1/58 (2006.01) *C09K 17/40* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0038738

(22) 출원일자 2009년05월01일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

부경대학교 산학협력단

부산 남구 용당동 산 100번지 부경대학교내

(72) 발명자

이태윤

부산광역시 남구 대연3동 599-1 부경대학교 대연
캠퍼스 환경해양대학 환경시스템공학부 4212호

이준기

부산광역시 남구 대연3동 599-1 부경대학교 대연
캠퍼스 환경해양대학 환경시스템공학부 4232호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김성현

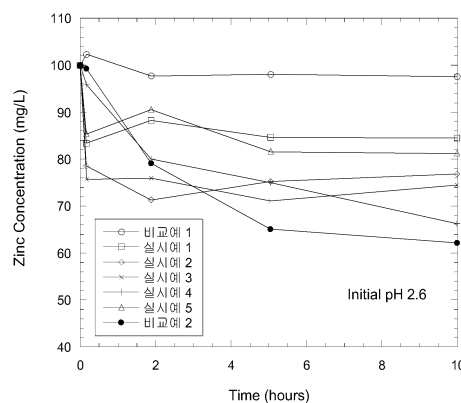
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 폐주물사를 포함하는 투수성 반응벽체 및 이를 이용한 아연으로 오염된 지하수 처리방법

(57) 요약

본 발명은 아연으로 오염된 지하수 정화용 투수성 반응벽체에 있어서, 점토 0.1 내지 13.0 중량%, 철 0.1 내지 11.5 중량%, 유기 탄소 0.1 내지 4.0 중량%, 및 잔량의 폐주물사를 함유하는 반응매질을 포함하는 아연으로 오염된 지하수 처리용 투수성 반응벽체과, 지하수 처리용 투수성 반응벽체를 이용하여 아연으로 오염된 지하수를 처리하는 방법을 개시한다. 본 발명에 따르면, 폐주물사가 아연의 제거, 이동저지에 아주 우수한 효과를 나타내므로 폐주물사가 투수성 반응벽체(permeable reactive barrier)의 반응매질로 사용될 수 있으며, 폐주물사를 포함하는 투수성 반응벽체를 이용하여 아연으로 오염된 지하수를 정화할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김수경

부산광역시 남구 대연3동 599-1 부경대학교 대연캠퍼스 환경해양대학 환경시스템공학부 4232호

김혜진

부산광역시 남구 대연3동 599-1 부경대학교 대연캠퍼스 환경해양대학 환경시스템공학부 4232호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

부처명 기상청

연구관리전문기관

연구사업명 기상지진기술개발사업

연구과제명 하천 퇴적물에서 발생하는 온실가스 발생량과 기상현상과의 상관관계 규명연구

기여율

주관기관 부경대학교

연구기간 2009년 4월 1일 ~ 2010년 3월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

아연으로 오염된 지하수 정화용 투수성 반응벽체에 있어서,
 점토 0.1 내지 13.0 중량%,
 철 0.1 내지 11.5 중량%,
 유기 탄소 0.1 내지 4.0 중량%, 및
 잔량의 폐주물사를 함유하는 반응매질을 포함하는 아연으로 오염된 지하수 처리용 투수성 반응벽체.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 반응매질의 pH는 2.5 내지 7.0인 것을 특징으로 하는 아연으로 오염된 지하수 처리용 투수성 반응벽체.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 점토의 입자크기는 P_{200} 에서 10.0 내지 15.0%인 것을 특징으로 하는 아연으로 오염된 지하수 처리용 투수성 반응벽체.

청구항 4

아연으로 오염된 지하수를 처리하는 방법에 있어서,
 점토 0.1 내지 13.0 중량%, 철 0.1 내지 11.5 중량%, 유기 탄소 0.1 내지 4.0 중량%, 및 잔량의 폐주물사를 함유하는 반응매질을 포함하는 투수성 반응벽체를 이용하여 아연으로 오염된 지하수를 처리하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 반응매질의 pH는 2.5 내지 7.0인 것을 특징으로 하는 투수성 반응벽체를 이용하여 아연으로 오염된 지하수를 처리하는 방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 점토의 입자크기는 P_{200} 에서 10.0 내지 15.0%인 것을 특징으로 하는 투수성 반응벽체를 이용하여 아연으로 오염된 지하수를 처리하는 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 폐주물사를 포함하는 투수성 반응벽체 및 이를 이용한 아연으로 오염된 지하수 처리방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 투수성 반응벽체를 이용하여 아연이 포함된 지하수를 처리하는 투수성 반응벽체 및 이를 이용한 아연으로 오염된 지하수 처리방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전 세계적으로 산업 발달의 가속화와 인구증가 등으로 인하여 부수적으로 발생하는 방대한 양의 폐기물은 지반 및 지하수를 심각한 수준으로 오염시키고 있다. 국내의 경우, 위생매립 시스템을 구비하지 않은 천 여개 이상의 불량 매립장, 유해 폐기물을 취급하는 각종 화학공장, 전국 각지에 산재하는 주유소의 지하 유류저장 탱크, 농약 과다 살포 지역 등의 주변지역 지반 및 지하수가 오염되어 가고 있으며, 이는 심각한 환경 오염 문제를 야기하고 있다. 또한, 지하수를 공업용수, 농업용수 및 식수로 사용하는 경우도 증가하고 있어서 지하수의 수질에

대한 관심이 높아지고 있으며, 지하수 수질 개선을 위한 여러 가지 정화 방법들이 개발되고 있는 실정이다.

- [0003] 선진국에서는 지하수 정화 방법에 대한 수많은 연구들이 개발 및 실용화되고 있으며, 이러한 기술들에는 굴착제거, 표면제어, 차폐, 양수, 진공추출, 고화 및 수압 파쇄 등의 물리적 방법; 산화, 중화, 이온교환, 및 계면활성제 첨가 등의 화학적 방법; 프라즈마, 동결, 열분해 및 유리화 등의 열적 방법; 및 영양분 주입 및 미생물 이용 등의 생물학적 방법 등이 있으며, 최근에는 전기삼투 등을 이용한 동전기적 방법도 개발되고 있다.
- [0004] 상기 각종 정화 방법들 중에서도 설치 용이성 및 경제성 등을 고려할 때, 현재 국내 실정에서 가장 실용성이 높은 방법은 물리적 방법 중 차폐 방법으로 볼 수 있는데, 이러한 차폐 방법에 사용되는 차폐 물질은 크게 불투수벽체 (impermeable barrier) 및 투수벽체 (permeable barrier)로 분류할 수 있으며, 불투수벽체는 주로 오염지역 내에서 발생하는 오염수를 차단하는데 사용되고, 투수벽체는 주로 오염수를 배수제거하거나 또는 흡착제거하는데 사용된다. 불투수벽체에는 슬러리 월 (slurry wall), 시이트파일 (sheet pile), 그라우팅 (grouting) 및 기타의 벽체들이 있고, 투수벽체에는 배수벽체 (vertical drain) 및 반응매질을 포함하는 투수성 반응벽체 (permeable reactive barrier) 등이 있다.
- [0005] 투수성 반응벽체는 오염된 지하수의 흐름 경로에 설치되어 지하수의 정화를 도모하며, 투수성 반응벽체에 사용되는 반응매질에 관한 종래기술에는 철과 황화철을 사용하는 기술이 미국특허 제5,575,927호에 개시되어 있고, 또한, 미국특허 제5,543,059호는 철입자를 크기별로 3영역으로 구분함으로써 층상 구조를 갖게 한 철벽 또는 칼럼을 이용하여 오염된 지하수를 정화하는 기술이 개시되어 있다.
- [0006] 투수성 반응벽체의 반응매질로는 주로 철이 사용되는데, 이는 철이 상대적으로 인체에 대해 무해하고, 구입이 용이하며, 여러 오염물에 대한 우수한 처리능을 갖기 때문이다. 현재까지는 투수성 반응벽체의 국내현장에 적용된 사례는 거의 없지만, 구미 선진국의 경우를 고려하면 향후 사용은 크게 증가할 것으로 보인다.
- [0007] 지하수 오염물질은 크게 유기물질과 무기물질로 구분이 되는데, 이중 무기물질은 음이온과 중금속을 포함하고 있다. 이중 중금속은 쉽게 분해되지 않는데 인체에 축적됨으로써 인간의 건강에 해를 끼치는 물질이다. 중금속 오염의 주된 원인으로는 폐광산, 제련공장, 도금 공장 등을 들 수 있는데, 특히 폐광산의 경우 주거지와 격리된 지역에 위치하여 특별한 주목을 받지 못하고 있는 실정이다. 이러한 격리지역의 경우에 지하수 복원을 위해 많은 비용을 투자하기가 쉽지 않은 현실이다.
- [0008] 그러나 영가철은 여러 종류의 오염물을 정화할 수 있지만, 영가철의 비용상승으로 인하여 투수성 반응벽체의 사용을 크게 제한하고 있으며 복원비용을 획기적으로 절감할 수 없다는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0009] 상기 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 아연이 투수성 반응벽체에 용이하게 흡착될 수 있고, 철을 대체할 수 있는 저렴한 반응매질을 포함하는 투수성 반응벽체를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0010] 상기 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 아연이 투수성 반응벽체에 용이하게 흡착될 수 있고, 철을 대체할 수 있는 저렴한 반응매질을 포함하는 투수성 반응벽체를 이용하는 아연으로 오염된 지하수의 처리방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

- [0011] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은
- [0012] 아연으로 오염된 지하수 정화용 투수성 반응벽체에 있어서,
- [0013] 점토 0.1 내지 13.0 중량%,
- [0014] 철 0.1 내지 11.5 중량%,
- [0015] 유기 탄소 0.1 내지 4.0 중량%, 및
- [0016] 잔량의 폐주물사를 함유하는 반응매질을 포함하는 아연으로 오염된 지하수 처리용 투수성 반응벽체를 제공한다.
- [0017] 상기 다른 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

- [0018] 아연으로 오염된 지하수를 처리하는 방법에 있어서,
- [0019] 점토 0.1 내지 13.0 중량%, 철 0.1 내지 11.5 중량%, 유기 탄소 0.1 내지 4.0 중량%, 및 잔량의 폐주물사를 함유하는 반응매질을 포함하는 투수성 반응벽체를 이용하여 아연으로 오염된 지하수를 처리하는 방법을 제공한다.

효 과

- [0020] 본 발명에 따르면, 폐주물사가 아연의 제거, 이동저지에 아주 우수한 효과를 나타내므로 폐주물사가 투수성 반응벽체(permeable reactive barrier)의 반응매질로 사용될 수 있으며, 폐주물사를 포함하는 투수성 반응벽체를 이용하여 아연으로 오염된 지하수를 정화할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0021] 본 발명의 일구현예에 의하면, 아연으로 오염된 지하수 정화용 투수성 반응벽체에 있어서, 점토 0.1 내지 13.0 중량%, 철 0.1 내지 11.5 중량%, 유기 탄소 0.1 내지 4.0 중량%, 및 잔량의 폐주물사를 함유하는 반응매질을 포함하는 아연으로 오염된 지하수 처리용 투수성 반응벽체를 제공한다.
- [0022] 투수성 반응벽체에 사용되는 반응매질을 구성하는 물질 중 점토 성분은 반응매질의 pH를 높이고 표면이 음(-)이므로 중금속을 흡착하는 역할을 담당한다. 반응매질에 포함되는 점토의 함량은 0.1 내지 13.0 중량%가 바람직하다. 점토의 함량이 0.1 중량% 미만인 경우에는 점토의 함량이 너무 적기 때문에 소정의 효과를 낼 수 없고, 13.0 중량%를 초과하는 경우에는 물의 흐름성을 저하시킬 수 있기 때문에 바람직하지 못하다.
- [0023] 점토의 입자크기는 P_{200} 에서 10.0 내지 15.0%인 것이 바람직하다. P_{200} 는 200번 체(sieve)에 의해 통과되는 입자의 퍼센트를 의미한다. P_{200} 의 수치가 높을수록 체를 통과하는 입자가 많다는 것을 의미하고, 이는 점토 입자가 작다는 것을 의미한다. P_{200} 가 10.0 % 미만인 경우에는 입자가 너무 성글어 반응매질에 점토를 포함하는 효과가 저감되기 때문에 바람직하지 못하고, P_{200} 가 15.0 %를 초과하는 경우에는 입자가 너무 작기 때문에 지하수의 반응매질 통과 및 흐름을 저해할 수 있기 때문에 바람직하지 못하다.
- [0024] 철(Fe)은 상대적으로 인체에 무해하고 구입이 용이하고 여러 오염물질에 대한 우수한 처리능을 가지고 있다. 본 발명에 사용되는 철의 함량은 0.1 내지 11.5 중량%인 것이 바람직하다. 철의 함량이 0.1 중량% 미만인 경우에는 철의 함량이 미미하여 반응매질에 철의 첨가효과를 얻을 수 없고, 철의 함량이 11.5 중량%를 초과하는 경우에는 철의 비용상승으로 인하여 투수성 반응벽체의 이용에 제한이 될 수 있다.
- [0025] 유기 탄소는 지하수의 흐름성을 개선하고 중금속을 흡착하는 역할을 하며, 본 발명에 사용되는 유기 탄소의 함량은 0.1 내지 4.0 중량%인 것이 바람직하다. 유기 탄소의 함량이 0.1 중량% 미만인 경우에는 효과가 미미하여 바람직하지 못하고, 4.0 중량%를 초과하는 경우에는 지하수의 흐름성을 저해할 수 있기 때문에 바람직하지 못하다.
- [0026] 본 발명에 따르면, 아연은 폐주물사에 용이하게 흡착될 수 있기 때문에 철의 함량을 일정 정도 대신하여 폐주물사로 대체함으로써 아연으로 오염된 지하수를 처리하는 방법 및 폐주물사를 반응매질로 포함하는 투수성 반응벽체를 제공할 수 있다. 폐주물사의 함량은 반응매질에서 점토, 철, 유기 탄소의 함량을 제외한 잔량으로 구성된다.
- [0027] 주물사에 대한 아연의 흡착능과 제거능은 사용된 아연용액의 초기 pH에 따라 다르게 나타난다. pH가 높을수록 아연의 흡착능과 제거능은 우수하다. 종래의 투수성 반응벽체에 사용되는 반응매질은 pH가 낮은 경우 오염물질을 제대로 처리하지 못하였다. 그러나 본 발명에서는 pH가 2.5 내지 7.0인 경우에도 우수한 오염물질의 처리결과를 얻을 수 있다.
- [0028] 본 발명의 다른 일구현예에 의하면, 아연으로 오염된 지하수를 처리하는 방법에 있어서, 점토 0.1 내지 13.0 중량%, 철 0.1 내지 11.5 중량%, 유기 탄소 0.1 내지 4.0 중량%, 및 잔량의 폐주물사를 함유하는 반응매질을 포함하는 투수성 반응벽체를 이용하여 아연으로 오염된 지하수를 처리하는 방법을 제공한다.
- [0029] 투수성 반응벽체의 아연에 대한 흡착능과 제거능은 일정한 시점이 경과된 이후 아연의 농도를 측정하여 얻을 수 있으며, 이때 아연의 농도는 수학적 1로 표시될 수 있다.

수학식 1

$$C_{aq}(t) = \frac{C_0}{R} \exp\left(-\frac{K_{obs}}{R} t\right)$$

[0030]

[0031]

여기서, $C_{aq}(t)$ 는 측정시 아연의 농도, C_0 은 초기 아연의 농도, R 은 초기 (실험시작 1분 이내)에 주물사에 흡착된 아연의 저지상수, K_{obs} 은 아연의 제거상수, t 는 실험 시작 후 측정시까지의 경과시간(hr), $\exp$ 는 지수 함수임을 나타낸다.

[0032]

$C_{aq}(t)$ 가 크다는 것은 지하수 오염물질에서 아연이 비교적 천천히 제거된다는 것을 의미하고, $C_{aq}(t)$ 가 작다는 것은 지하수 오염물질에서 아연의 제거가 비교적 신속하게 진행된다는 것을 의미한다.

[0033]

상기 수학식 1의 주물사에 흡착된 아연의 저지상수 R 은 수학식 2로 표시될 수 있다.

수학식 2

$$R = 1 + \frac{\rho_d}{n} K_p$$

[0034]

[0035]

여기서, ρ_d 는 사용된 주물사의 질량 (g), n 은 아연 용액의 부피(mL)를 나타낸다. K_p 는 실험시작 1분 이내에 흡착된 아연의 주물사에 대한 순간 분배계수를 나타낸다. 본 발명에 따라 주물사를 함유하는 반응매질의 경우 초기 pH가 증가함에 따라 초기 주물사에 대한 흡착이 급격히 증가한다.

[0036]

상기 수학식 2의 순간분배계수(K_p)와 제거능은 주물사에 함유된 성분과 용액의 pH에 따라 영향을 받고 이는 수학식 3으로 표시될 수 있다.

수학식 3

[0037]

$$\log K_p = -2.30 + 0.48 \text{ pH} + 0.048 C$$

[0038]

여기서, C 는 주물사에 함유된 점토의 함량(중량%)을 나타낸다. 즉 순간분배계수는 점토의 함량과 pH에 의해 영향을 받고, 이 중에서도 pH에 의해 더 영향을 받는다는 것을 확인할 수 있다.

[0039]

또한 아연의 제거능(K_{obs})은 수학식 4로 표시될 수 있다.

수학식 4

[0040]

$$K_{obs} = -0.0852 + 0.00138 C + 0.00277 \text{ TOC} + 0.00126 I + 0.0163 \text{ pH}$$

[0041]

여기서 C 는 주물사에 함유된 점토의 함량이고, TOC는 주물사에 함유된 유기 탄소의 함량(%)이며, I 는 주물사에 함유된 철의 함량(%)을 나타낸다. 따라서 지하수 오염물질에 함유되어 있는 아연의 제거능은 점토의 함량, 유기 탄소의 함량, 철의 함량, 및 pH에 의해 영향을 받고, 이 중에서도 pH에 의해 가장 영향을 받는다는 것을 확인할 수 있다.

[0042]

본 발명에 따르면, 사용자의 편의에 따라 수학식 4를 이용함으로써 점토, 철, 유기 탄소, pH를 적절히 조절하여 아연의 제거속도를 일정하게 제어할 수 있고, 예측할 수 있을 것이다.

[0043]

한편, PVE(pore volume of effluent)는 기공의 크기를 나타내는 것으로서 다음 수학식 5로 표시될 수 있다.

수학식 5

$$PVE = \frac{Q \times T}{V}$$

[0044]

[0045]

여기서, Q 는 유량(mL/hr), T 는 시간 (hr), V 는 컬럼에 충전된 주물사의 공극부피(mL)를 나타낸다. PVE는 주물사가 없는 종래의 투수성 반응벽체와 비교하여 아연의 이동이 어느 정도 저지되는가를 나타내는 것으로서 PVE 값이 클수록 아연의 이동이 저지되고 있음을 의미한다.

[0046] 본 발명은 상기 투수성 반응벽체를 오염 지하수의 흐름 경로에 대하여 단면 방향으로 설치하고, 아연으로 오염된 지하수를 상기 흐름 경로를 따라 통과시킴으로써 상기 아연으로 오염된 지하수를 정화하는 것을 특징으로 하는 아연으로 오염된 지하수의 정화방법을 제공한다.

[0047] 본 발명에 따른 투수성 반응벽체를 사용한 아연으로 오염된 지하수 정화방법에 있어서, 상기 투수성 반응벽체는 유기오염물질 또는 아연의 제거를 용이하게 하기 위해서 산 처리 등에 의한 전처리 과정을 거칠 수도 있다. 또한, 아연으로 오염된 지하수의 통과속도는 소정의 정화 효율을 얻기에 적합한 정도라면 제한이 없다.

[0048] 이하, 도면 및 실시예를 참조하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하기로 한다.

[0049] 실시예

[0050] 본 발명에서는 회분식 실험과 컬럼 실험을 통하여 아연의 주물사에 대한 흡착현상, 흡착능, 제거상수를 구하였다. 여기에 사용된 아연용액은 지하수의 특성을 고려하여 용존산소를 질소를 이용하여 완전히 제거한 후 아연클로라이드를 녹여 원하는 농도로 만들었다. 컬럼 실험의 경우 펌프를 이용하여 아연 용액을 컬럼으로 주입하여 실제 현장에 적용하였을 때의 현상을 모사하였다.

[0051] 실시예 1

[0052] P_{200} 의 입자크기가 10.7%이며 $P_{2\mu}$ 의 입자크기가 6.7%인 점토 5.1 중량%, 철 2.83 중량%, 유기 탄소 1.5 중량%, 주물사 90.57 중량%를 포함하는 조성물을 투수성 반응벽체의 반응매질로서 사용하였고, 아연으로 오염된 지하수를 상기 투수성 반응벽체로 흘려보낸 다음 반응매질의 pH를 각각 pH 2.6, pH 3.0, pH 4.8로 달리하고 회분식 실험과 컬럼 실험을 통하여 흡착현상 및 흡착능을 측정하였다.

[0053] 실시예 2

[0054] P_{200} 의 입자크기가 13.2%이며 $P_{2\mu}$ 의 입자크기가 9.3%인 점토 10.5 중량%, 철 0.29 중량%, 유기 탄소 0.5 중량%, 주물사 88.71 중량%를 포함하는 조성물을 투수성 반응벽체의 반응매질로서 사용하였고, 아연으로 오염된 지하수를 상기 투수성 반응벽체로 흘려보낸 다음 반응매질의 pH를 각각 pH 2.6, pH 3.0, pH 4.8로 달리하고 아연이 흡착 및 제거되는 농도를 측정하였다.

[0055] 실시예 3

[0056] P_{200} 의 입자크기가 10.0%이며 $P_{2\mu}$ 의 입자크기가 3.5%인 점토 4.7 중량%, 철 0.14 중량%, 유기 탄소 0.5 중량%, 주물사 94.66 중량%를 포함하는 조성물을 투수성 반응벽체의 반응매질로서 사용하였고, 아연으로 오염된 지하수를 상기 투수성 반응벽체로 흘려보낸 다음 반응매질의 pH를 각각 pH 2.6, pH 3.0, pH 4.8로 달리하고 아연이 흡착 및 제거되는 농도를 측정하였다.

[0057] 실시예 4

[0058] P_{200} 의 입자크기가 16.0%이며 $P_{2\mu}$ 의 입자크기가 13.2%인 점토 13.0 중량%, 철 0.18 중량%, 유기 탄소 4.0 중량%, 주물사 82.82 중량%를 포함하는 조성물을 투수성 반응벽체의 반응매질로서 사용하였고, 아연으로 오염된 지하수를 상기 투수성 반응벽체로 흘려보낸 다음 반응매질의 pH를 각각 pH 2.6, pH 3.0, pH 4.8로 달리하고 아연이 흡착 및 제거되는 농도를 측정하였다.

[0059] 실시예 5

[0060] P_{200} 의 입자크기가 10.0%이며 $P_{2\mu}$ 의 입자크기가 3.5%인 점토 4.7 중량%, 철 11.26 중량%, 유기 탄소 2.4 중량%, 주물사 81.64 중량%를 포함하는 조성물을 투수성 반응벽체의 반응매질로서 사용하였고, 아연으로 오염된 지하수를 상기 투수성 반응벽체로 흘려보낸 다음 반응매질의 pH를 각각 pH 2.6, pH 3.0, pH 4.8로 달리하고 아연이 흡착 및 제거되는 농도를 측정하였다.

[0061] 실시예 6

[0062] P_{200} 의 입자크기가 14.3%이며 $P_{2\mu}$ 의 입자크기가 9.2%인 점토 7.0 중량%, 철 0.15 중량%, 유기 탄소 2.6 중량%, 주물사 90.25 중량%를 포함하는 조성물을 투수성 반응벽체의 반응매질로서 사용하였고, 아연으로 오염된 지하수를 상기 투수성 반응벽체로 흘려보낸 다음 반응매질을 pH 4.0으로 하고 아연이 흡착 및 제거되는 농도를 측정하였다.

[0063] 실시예 7

[0064] P_{200} 의 입자크기가 12.4%이며 $P_{2\mu}$ 의 입자크기가 8.0%인 점토 8.4 중량%, 철 0.14 중량%, 유기 탄소 1.8 중량%, 주물사 89.66 중량%를 포함하는 조성물을 투수성 반응벽체의 반응매질로서 사용하였고, 아연으로 오염된 지하수를 상기 투수성 반응벽체로 흘려보낸 다음 반응매질을 pH 4.0으로 하고 아연이 흡착 및 제거되는 농도를 측정하였다.

[0065] 실시예 1 내지 실시예 7에서 사용된 물질 및 함량을 표 1에 나타내었다.

표 1

	점토(중량%)	철(중량%)	유기 탄소(중량%)	주물사(중량%)
실시예 1	5.1	2.83	1.5	90.57
실시예 2	10.5	0.29	0.5	88.71
실시예 3	4.7	0.14	2.5	94.66
실시예 4	13	0.18	4.0	82.82
실시예 5	4.7	11.26	2.4	81.64
실시예 6	7.0	0.15	2.6	90.25
실시예 7	8.4	0.14	1.8	89.66

[0067] 비교예 1

[0068] 투수성 반응벽체에 반응매질로서 임의의 물질을 포함시키지 않고, 아연으로 오염된 지하수를 상기 투수성 반응벽체로 흘려보낸 다음 반응매질의 pH를 각각 pH 2.6, pH 3.0, pH 4.8로 달리하고 아연이 흡착 및 제거되는 농도를 측정하였다.

[0069] 비교예 2

[0070] 철 100 중량%를 투수성 반응벽체의 반응매질로서 사용하였고, 아연으로 오염된 지하수를 상기 투수성 반응벽체로 흘려보낸 다음 반응매질의 pH를 각각 pH 2.6, pH 3.0, pH 4.8로 달리하고 아연이 흡착 및 제거되는 농도를 측정하였다.

[0071] 결과 및 평가

[0072] 실시예 1 내지 실시예 5, 비교예 1, 및 비교예 2의 결과를 도 1 내지 도 3에 도시하였다. 도 1 내지 도 3을 참고하면, 초기 pH 2.6과 3.0의 경우 대부분의 주물사에서 아연의 흡착이 초기에 일어나고, 시간이 경과함에 따라 더 이상의 흡착이 일어나지 않음을 알 수 있다. 다만, 도 2에 도시된 pH 3.0의 경우 실시예 5에서는 계속적인

흡착이 일어남을 알 수 있다. 도 3에 도시된 pH 4.8의 경우 실시예 1 내지 실시예 5, 비교예 2에서 초기의 흡착과 더불어 지속적인 제거가 일어남을 알 수 있다. 이러한 실험 결과들은 동일한 조성이라 하더라도 초기 pH가 높을수록 아연의 지속적인 제거속도가 신속하며 빠르게 진행된다는 것을 나타낸다.

[0073] 도 1 및 도 2는 초기의 흡착 이후에 더 이상의 아연제거가 일어나지 않았으나, 도 3은 수학적 2를 적용하여 순간 분배계수와 제거능을 구할 수 있다. 실시예 5를 pH를 달리하여 실험하고 수학적 1을 적용한 결과를 도 4에 도시하였다. 도 4를 참고하면, 최초의 pH가 각각 2.6, 3.0, 4.8인 경우를 나타내고 있으며, pH가 4.8인 경우 기울기가 급하게 나타나고 이는 아연의 농도가 급격하게 감소하는 결과를 나타낸다. 도 4에서 최초 pH가 2.6 및 4.8인 경우는 각각 18시간과 36시간까지만 측정을 하였으나, 이후 pH 3.0과 같이 약 80여 시간을 측정하더라도 동일한 결과를 도출할 수 있을 것이다.

[0074] 실제 현장에의 적용성을 평가하기 위한 컬럼 실험 결과를 도 5 및 도 6에 도시하였다. 도 5 및 도 6을 참고하면, 실시예 3은 수용액에서 50 PVE를 지난 후에 아연의 검출이 시작되었으며, 아연농도가 급격히 증가하여 초기농도와 유사한 값을 나타내고 있다. 여기서 50 PVE의 의미는 아연의 이동이 주물사가 없는 경우에 비해 약 50배 정도 저지됨을 확인할 수 있다. 그러나 일반 샌드의 경우 약 1 PVE가 지난 후에 아연이 검출된다.

도면의 간단한 설명

[0075] 도 1은 본 발명에 따라 초기 pH 2.6에서의 아연의 제거양상을 보여주는 그래프이다.

[0076] 도 2는 본 발명에 따라 초기 pH 3.0에서의 아연의 제거양상을 보여주는 그래프이다.

[0077] 도 3은 본 발명에 따라 초기 pH 4.8에서의 아연의 제거양상을 보여주는 그래프이다.

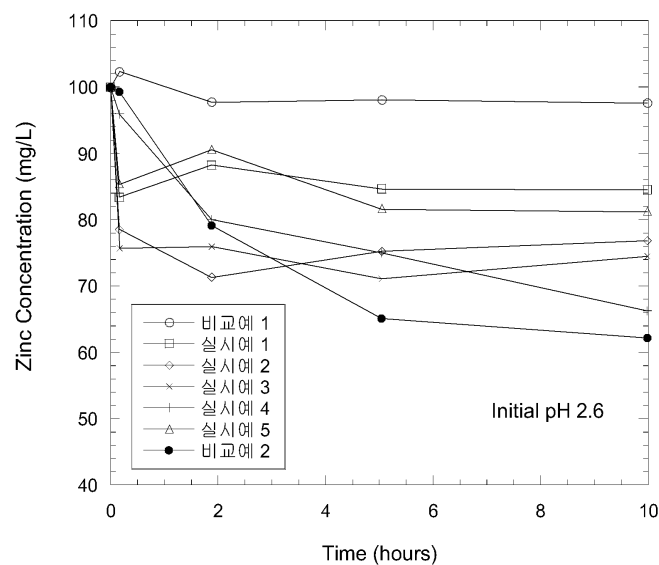
[0078] 도 4는 본 발명의 실시예 5에 따른 폐주물사의 초기 pH에서의 아연 제거양상과 모델 fitting의 결과를 보여주는 그래프이다.

[0079] 도 5는 본 발명에 따른 컬럼 실험을 통한 폐주물사의 현장적용 가능성 평가(초기 pH 3.0)를 보여주는 그래프이다.

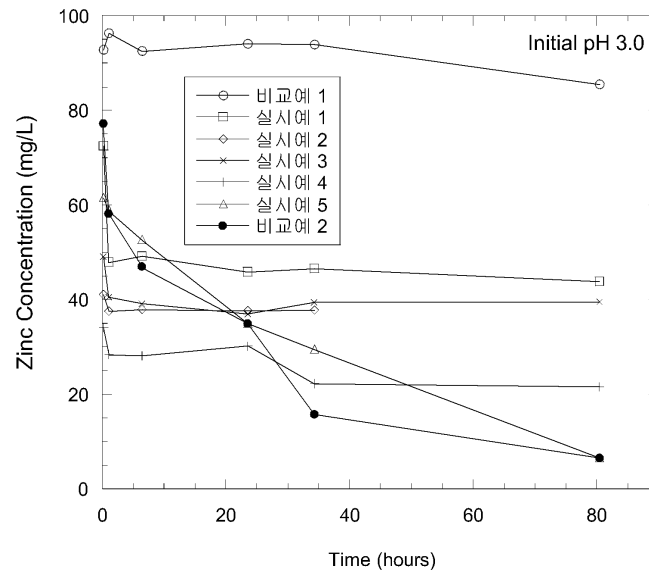
[0080] 도 6은 본 발명에 따른 컬럼 실험을 통한 폐주물사의 현장적용 가능성 평가(초기 pH 4.0)를 보여주는 그래프이다.

도면

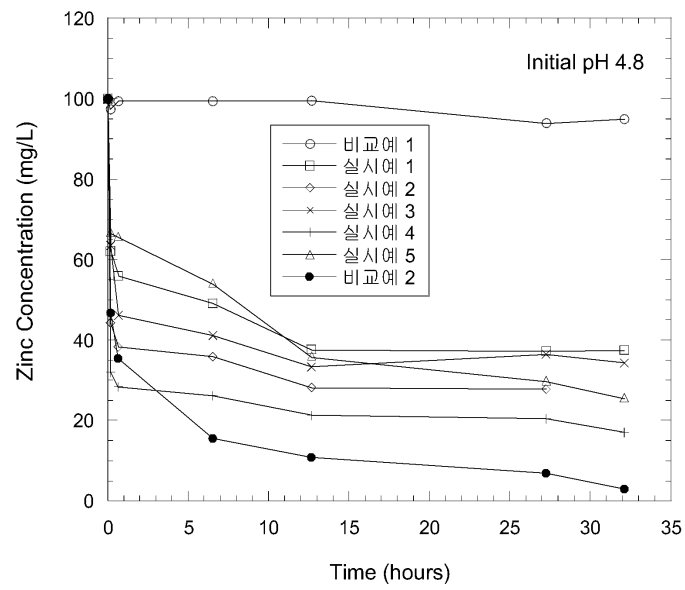
도면1



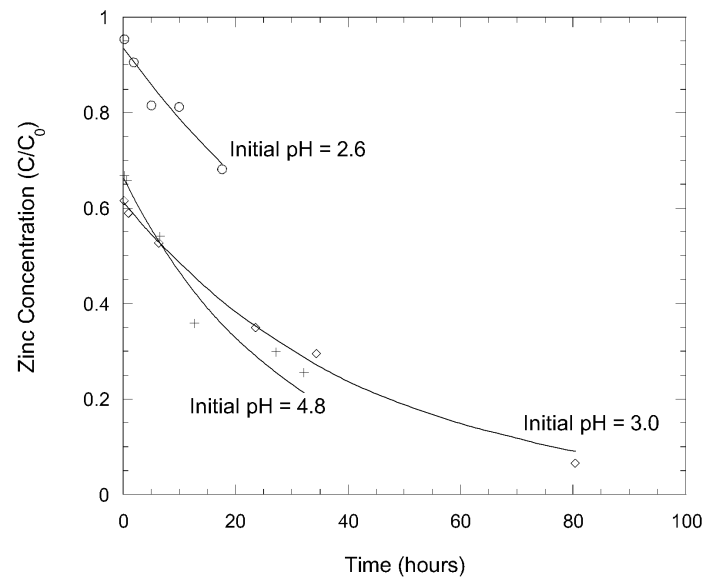
도면2



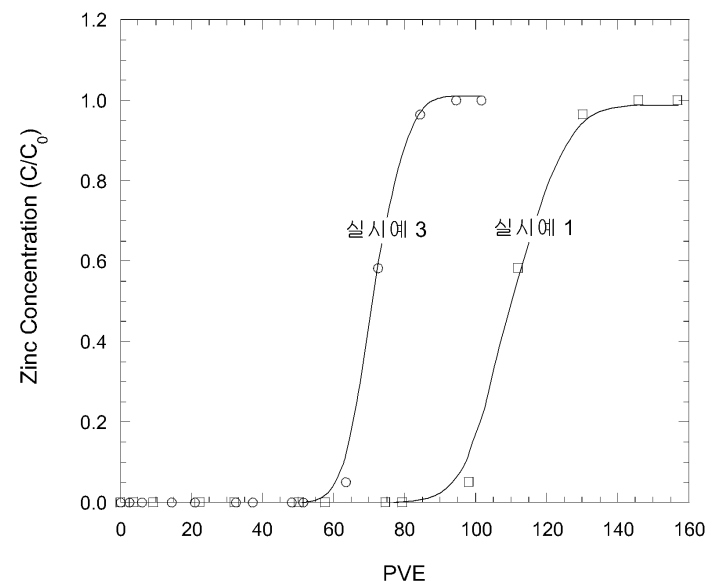
도면3



도면4



도면5



도면6

