



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0132076
(43) 공개일자 2016년11월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 1/28 (2006.01) *B01J 20/06* (2006.01)
B01J 20/28 (2006.01) *C02F 101/10* (2006.01)

(52) CPC특허분류
C02F 1/281 (2013.01)
B01J 20/06 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-7028025

(22) 출원일자(국제) 2015년03월09일
심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2016년10월07일

(86) 국제출원번호 PCT/US2015/019485

(87) 국제공개번호 WO 2015/134981
국제공개일자 2015년09월11일

(30) 우선권주장
61/949,799 2014년03월07일 미국(US)

(71) 출원인
몰리코프 미네랄스, 엘엘씨
미합중국 콜로라도주 80111 그린우드 빌리지 스위트 1000 덴버 테크센터 파크웨이 5619

(72) 발명자
사라스, 디미트리오스
미국, 08805 뉴저지, 바운드 브룩, 샤티 래인 11 가오, 위엔
미국, 80111 콜로라도, 그린우드 빌리지, 스위트 1000, 디티씨 파크웨이 5619
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
이원희

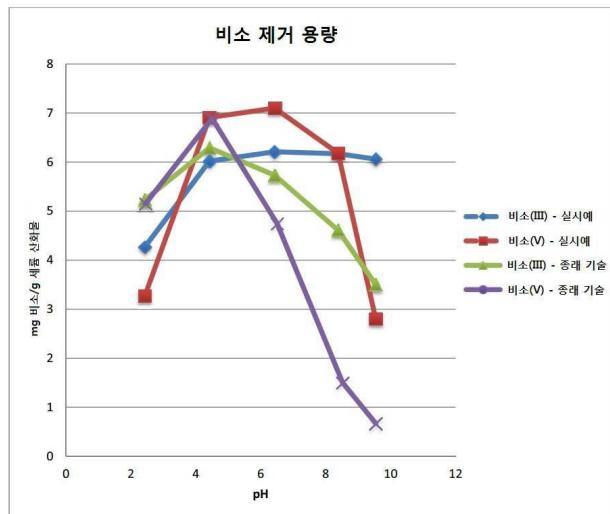
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 비소 제거 특성이 뛰어난 세륨(IV) 산화물

(57) 요 약

세륨(IV) 산화물 조성물은 본 발명에 개시된 종래의 세륨(IV)의 산화물에 비하여 예상치 못한 비소 적재 용량을 가진다. 비소 적재 용량은 비소의 낮은 레벨의 평형 레벨에서도 높다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 아비산염 및 비산염을 제거하는데 더 효과적이다. 또한, 세륨(IV) 산화물 조성물은 종래에 제거하기 어려웠던 아비산염에 대해 높은 용량을 가진다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
B01J 20/28016 (2013.01)
C02F 2101/103 (2013.01)

(72) 발명자

해인라인, 메이슨

미국, 89074 네바다, 헨더슨, 아파트 312, 위그웰
파크웨이 2251

루포, 조세프

미국, 89052 네바다, 헨더슨, 유니트 4219, 웨스트
호라이즌 럿지 파크웨이 2291

란디, 캐롤

미국, 19333 웨슬리아, 데본, 팀버 레인 633

명세서

청구범위

청구항 1

비소를 포함하는 액상 스트림을 세륨(IV) 산화물 조성물과 접촉시키되,

하기의 하나 또는 그 이상이 참인 것을 특징으로 하고,

(i) 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 7에서 제타 전위는 약 1mV 내지 약 30mV이고;

(ii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{10} 분말 사이즈는 약 0.5 μm 내지 약 7 μm 이고;

(iii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{50} 분말 사이즈는 약 2 μm 내지 약 20 μm 이고;

(iv) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{90} 분말 사이즈는 약 12 μm 내지 약 50 μm 이고;

(v) 세륨(IV) 산화물 조성물의 결정립 크기는 약 1 nm 내지 약 22 nm이고; 및

(vi) 세륨(IV) 산화물 조성물의 산점 농도(acidic site concentration)는 약 0.0001 산점/kg 내지 약 0.020 산점/kg이고; 및,

상기 비소를 포함하는 액상 스트림을 세륨(IV) 산화물 조성물과 접촉시키는 것은 비소를 포함하는 액상 스트림으로부터 비소를 일부 제거하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 비소는 아비산염 및 비산염의 하나 또는 둘인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

하기 조건 중 하나 또는 그 이상이 참인 것을 특징으로 하는 방법:

(I) 상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당(per $\mu\text{g/L}$) 비소 (III)를 약 125% 이상 더 제거하고;

(II) 상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당(per $\mu\text{g/L}$) 비소 (III)를 약 150% 이상 더 제거하고;

(III) 상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당(per $\mu\text{g/L}$) 비소 (III)를 약 200% 이상 더 제거하고;

(IV) 상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당(per $\mu\text{g/L}$) 비소 (III)를 약 125% 이상 더 제거하고; 및 상기 세륨(IV)의 산화물은 (i), (ii), (iii), (iv), (v) 및 (vi)의 하나 또는 그 이상이 거짓이다.

청구항 4

제 2항에 있어서,

하기 조건 중 하나 또는 그 이상이 참인 것을 특징으로 하는 방법:

- (A) 상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당($\mu\text{g/L}$) 비소 (III)를 약 125% 이상 더 제거하고;
- (B) 상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당($\mu\text{g/L}$) 비소 (III)를 약 150% 이상 더 제거하고;
- (c) 상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당($\mu\text{g/L}$) 비소 (III)를 약 200% 이상 더 제거하고;
- (D) 상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당($\mu\text{g/L}$) 비소 (III)를 약 400% 이상 더 제거하고;
- (E) 상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV) 산화물을 비소를 포함하는 스트림과 접촉하는 동안 비소를 포함하는 액상 스트림은 약 pH 4.5 내지 약 pH 9.5를 가지고, 세륨의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트림에서 CeO_2 그램 당 비소를 더 제거하되, 상기 세륨(IV)의 산화물은 (i)-(vi) 의 하나 또는 그 이상이 거짓이다.

청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 약 0.5 내지 5 ppb인 평형 아비산염 농도일 때 아비산염에 대한 적재량은 2.1 내지 약 6.0 mg/g이고, 상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 약 0.5 내지 2.5 ppb인 평형 비산염 농도일 때 비산염에 대한 적재량은 0.1 내지 약 0.2 mg/g인 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

하기의 하나는 참인 방법:

- (a) 상기 (i) 내지 (vi)의 하나는 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 다섯이 거짓;
- (b) 상기 (i) 내지 (vi)의 둘은 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 넷이 거짓;
- (c) 상기 (i) 내지 (vi)의 셋은 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 셋이 거짓;
- (d) 상기 (i) 내지 (vi)의 넷은 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 둘이 거짓;
- (e) 상기 (i) 내지 (vi)의 넷은 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 하나가 거짓; 및
- (f) 상기 (i) 내지 (vi)이 모두 참.

청구항 7

제 1항에 있어서,

하기의 하나 또는 그 이상이 참인 방법:

- (a) pH 7에서 제타 전위는 약 7.5mV 내지 12.5mV임;
- (b) D_{10} 분말 사이즈는 약 1 μm 내지 3 μm 임;
- (c) D_{50} 분말 사이즈는 약 7.5 μm 내지 10.5 μm 임;
- (d) D_{90} 분말 사이즈는 약 20 μm 내지 30 μm 임;
- (e) 결정립 크기는 약 7.5 nm 내지 12.5 nm임; 및
- (f) 산점의 수는 약 0.02 산점/kg를 초과하지 않음.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 Ce (IV)O₂ 외의 희토류를 포함하고, 상기 Ce (IV)O₂ 외의 희토류는 약40 초과, 약 25 초과 및 약 10 중량%를 초과하지 않는 것 중에 하나를 포함하는 방법.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 세륨(IV) 산화물은 실리콘, 티타늄 및 지르코늄의 하나 또는 그 이상을 포함하는 어떤 첨가된 비희토류 물질이 부족한 방법.

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 약 0.5 내지 약 5 ppb인 평형 아비산염 농도일 때 아비산염에 대한 적재량은 2.1 내지 약 6.0 mg/g인 방법.

청구항 11

제 1항에 있어서,

상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 약 0.5 내지 약 2.5 ppb인 평형 비산염 농도일 때 비산염에 대한 적재량은 0.1 내지 약 0.2 mg/g인 방법.

청구항 12

수용을 위한 주입구(inlet);

1차 레벨의 비소를 포함하는 액상 스트림;

주입구와 액상으로 연통되어 있고 액상 스트림과 접촉하기 위한 세륨(IV) 산화물 조성물을 포함하는 접촉 챔버;이 되 하기의 (i)-(vi) 하나 또는 그 이상은 참이고:

(i) 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 7에서 제타 전위는 약 1mV 내지 30mV 이고;

(ii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D₁₀ 분말 사이즈는 약 0.5 μm 내지 7 μm 이고;

(iii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D₅₀ 분말 사이즈는 약 2 μm 내지 20 μm 이고 ;

(iv) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D₉₀ 분말 사이즈는 약 12 μm 내지 50 μm 이고;

(v) 세륨(IV) 산화물 조성물의 결정립 크기는 약 1 nm 내지 22 nm이고; 및

(vi) 세륨(IV) 산화물 조성물의 산점 농도는 약 0.0001 산점/kg 내지 0.020 산점/kg; 및

상기 액상 스트림은 액상 스트림이 세륨(IV) 산화물 조성물과 접촉하기 전에 1차 레벨의 비소를 가지고 있으며, 액상 스트림이 세륨(IV) 산화물 조성물과 접촉한 후에는 2차 레벨의 생물학적 오염을 가지고, 상기 1차 레벨의 비소는 2차 레벨의 비소보다 크고, 및

접촉 챔버와 액상으로 연통되어 있고, 2차 레벨의 비소를 배출하는 배출구;를 포함하는 장치.

청구항 13

제 12항에 있어서,
상기 비소는 아비산염을 포함하는 장치.

청구항 14

제 12항에 있어서,
상기 비소는 비산염을 포함하는 장치.

청구항 15

제 12항에 있어서,
하기의 하나는 참인 장치:
 (a) 상기 (i) 내지 (vi)의 하나는 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 다섯이 거짓;
 (b) 상기 (i) 내지 (vi)의 둘은 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 넷이 거짓;
 (c) 상기 (i) 내지 (vi)의 셋은 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 셋이 거짓;
 (d) 상기 (i) 내지 (vi)의 넷은 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 둘이 거짓;
 (e) 상기 (i) 내지 (vi)의 넷은 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 하나가 거짓; 및
 (f) 상기 (i) 내지 (vi)이 모두 참.

청구항 16

제 12항에 있어서,
하기의 하나 또는 그 이상이 참인 장치:
 (a) pH 7에서 제타 전위는 약 7.5mV 내지 12.5mV임;
 (b) D10 분말 사이즈는 약 1 μm 내지 3 μm 임;
 (c) D50 분말 사이즈는 약 7.5 μm 내지 10.5 μm 임;
 (d) D90 분말 사이즈는 약 20 μm 내지 30 μm 임;
 (e) 결정립 크기는 약 7.5 nm 내지 12.5 nm임; 및
 (f) 산점의 수는 약 0.02 산점/kg를 초과하지 않음.

청구항 17

제 12항에 있어서,
상기 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물에 비해 비소를 CeO_2 그램 당(per gram) 더 제거하고, 상기의 세륨(IV)의 산화물은 (i), (ii), (iii), (iv), (v) 및 (vi)의 하나 또는 그 이상 거짓인 장치.

청구항 18

흡수된 비소를 갖는 세륨(IV) 산화물 조성물에 있어서, 하기 (i)-(vi)에서 하나 또는 그 이상이 참인 것을 특징으로 하는 조성물:

- (i) 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 7에서 비소를 흡수하기 전의 제타 전위는 약 1mV 내지 30mV 이고;
- (ii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D10 분말 사이즈는 약 0.5 μm 내지 7 μm 이고;

- (iii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D50 분말 사이즈는 약 2 μm 내지 20 μm 이고;
- (iv) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D90 분말 사이즈는 약 12 μm 내지 50 μm 이고;
- (v) 세륨(IV) 산화물 조성물의 결정립 크기는 약 1 nm 내지 22 nm이고; 및
- (vi) 세륨(IV) 산화물 조성물의 비소를 흡수하기 전의 산점 농도는 약 0.0001 산점/kg 내지 0.020 산점/kg.

청구항 19

제 18항에 있어서,

상기의 흡수된 비소는 아비산염 및 비산염의 하나 또는 그 이상을 포함하고, 하기의 하나는 참인 조성물:

- (a) 상기 (i) 내지 (vi)의 하나는 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 다섯이 거짓;
- (b) 상기 (i) 내지 (vi)의 둘은 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 넷이 거짓;
- (c) 상기 (i) 내지 (vi)의 셋은 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 셋이 거짓;
- (d) 상기 (i) 내지 (vi)의 넷은 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 둘이 거짓;
- (e) 상기 (i) 내지 (vi)의 넷은 참이고, (i) 내지 (vi) 의 나머지 하나가 거짓; 및
- (f) 상기 (i) 내지 (vi) 이 모두 참.

청구항 20

제 18항에 있어서,

상기의 흡수된 비소는 아비산염 및 비산염의 하나 또는 그 이상을 포함하고, 하기의 하나는 참인 조성물:

- (a) pH 7에서 제타 전위는 약 7.5mV 내지 12.5mV임;
- (b) D10 분말 사이즈는 약 1 μm 내지 3 μm 임;
- (c) D50 분말 사이즈는 약 7.5 μm 내지 10.5 μm 임;
- (d) D90 분말 사이즈는 약 20 μm 내지 30 μm 임;
- (e) 결정립 크기는 약 7.5 nm 내지 12.5 nm임; 및
- (f) 산점의 수는 약 0.02 산점/kg를 초과하지 않음.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 비소 제거 특성이 뛰어난 세륨(IV) 산화물에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 본 출원은 “목적 물질의 제거 능력이 탁월한 세륨 산화물”로 부여된 61/949,799의 2014년 3월 7일자 출원의 미국임시출원번호의 이익을 주장하고, 상기 출원은 전체로서 참조로 이에 포함된다.

[0003] 비소는 독극 물질로서 다양한 형태로서 자연적으로 발생할 수 있다. 예를 들어, 자연적인 물에 존재하는 비소는 지열 반응, 산업 용수 배출 및 과거 및 현재의 농업에 사용된 비소가 함유된 살충제로부터 발생한다. 비소의 존재를 이유로 발암 및 기타 해로운 효과가 생물체에게 영향을 미칠 수 있고, 미국 환경 보호 협회(U.S. Environmental Protection Agency (EPA)) 및 세계 건강 기구(WHO)에서는 식용수에서 비소의 최대 오염 수준 (MCL)을 10ppb로 정하였다. 오염수, 지하수, 지표수 및 지열수에서의 비소 농도는 빈번하게 상기 수준을 초과한다. 따라서, 현재의 최대 오염 수준 및 2ppb 이하로 낮아질 수도 있는 미래의 최대 오염 수준 감소는 식용수, 우물물 및 산업용수 또는 기타 물로부터 경제적이고 효과적으로 비소를 제거하는 새로운 기술에 대한 필요성이

창조되었다.

[0004] 비소는 -3, 0, +3 및 +5의 4가지 산화 상태 및 원자가 상태로 존재한다. 정상적인 상황 하에서 비소는 수성 또는 수성 시스템 하에서 +3 및 +5 산화 상태로 용해된 체로 발견되며, 대개 아비산염(AsO_3^{3-}) 및 비산염(AsO_4^{3-}) 형태로 존재한다. 응고 기술을 통한 비소의 효과적인 제거는 +3가의 산화상태인 비소가 아비산염에서 비산염으로 변화하는 것을 요구되고, 흡착 또는 응고 기술로는 일부만 제거될 뿐이다.

[0005] 비소 오염물을 수성 시스템으로부터 제거하기 위해 과거에 다양한 기술들이 사용되고 있었다. 이러한 기술들은 알루미나 및 활성 카본 같은 높은 표면적을 가지는 물질을 이용한 흡착과 음이온교환수지를 통한 이온 교환, 동시-석출 및 전기 투석이 포함된다. 그러나 비소를 제거하기 위한 대부분의 기술은 비소를 매우 낮은 수준으로 제거하고 효과적인 적재량을 유지하기 어려움이 있어 뒤쳐져있다. 추가적으로 비소를 낮은 수준으로 제거하기 위해 필요한 물질량은 기술을 경제적으로 실현불가능하게 만든다. 더욱 효과가 좋은 기술은 대규모의 생활용수에 널리 사용되었고, 주거용 응용 분야에는 공간 및 위험한 화학물질의 사용으로 인해 실용적이지 못하다. 주거용 수를 위한 가장 널리 사용되는 일반적인 두 가지 기술은 활성화된 역 삼투 및 고상 여과 매체이고, 알루미나, 산화철 및 산화 티타늄 같은 것이 있다. 전자의 방법은 반드시 폐기가 필요하고, 추후 매체를 상당히 큰 부피의 물로 처리가 필요한 비소가 함유된 오염 스트림을 생산한다.

[0006] 상기 사실은 MCL이 10ppb 또는 그 이하로 감소하기 위한 잠재력과 결합되어, 비소를 물 및 기타 수성 시스템으로부터 제거하기 위한 효과적인 흡수체 및/또는 반응체가 개발되고, 사용되는 것이 자명해진다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 액상 스트림으로부터 비소 오염물 제거를 위한 세륨을 포함한 조성물에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 특히 지하수 및 식용수로부터 아비산염 및 비산염 형태의 비소를 제거하기 위한 세륨을 포함하는 조성물에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

[0009] 비소를 포함하는 액상 스트림을 세륨(IV) 산화물 조성물과 접촉시키되,

[0010] 하기의 하나 또는 그 이상이 참인 것을 특징으로 하고,

[0011] (i) 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 7에서 제타 전위는 약 1mV 내지 약 30mV이고;

[0012] (ii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{10} 분말 사이즈는 약 0.5 μm 내지 약 7 μm 이고;

[0013] (iii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{50} 분말 사이즈는 약 2 μm 내지 약 20 μm 이고;

[0014] (iv) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{90} 분말 사이즈는 약 12 μm 내지 약 50 μm 이고;

[0015] (v) 세륨(IV) 산화물 조성물의 결정립 크기는 약 1 nm 내지 약 22 nm이고; 및

[0016] (vi) 세륨(IV) 산화물 조성물의 산점 농도(acidic site concentration)는 약 0.0001 산점/kg 내지 약 0.020 산점/kg이고; 및,

[0017] 상기 비소를 포함하는 액상 스트림을 세륨(IV) 산화물 조성물과 접촉시키는 것은 비소를 포함하는 액상 스트림으로부터 비소를 일부 제거하는 것을 특징으로 하는 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0018] 본 원의 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV) 산화물 조성물의 높은 제거 용량에 기인하여 상대적으로 적은량의 세륨(IV) 산화물 조성물로 많은 양의 비소를 제거할 수 있고, 낮은 최종 비소 농도에서 뛰어난 비소 제거 용량으로 매우 낮은 비소 함량의 물이 생산될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019]

도 1은 종래의 세륨(IV)의 산화물의 비소(III) 및 비소(V)에 대한 제거 용량을 나타낸 그래프이고,
 도 2는 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물의 비소(III) 및 비소(V)에 대한 제거 용량을 나타낸 그래프이고,
 도3은 종래의 세륨(IV)의 산화물 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물의 비소(III) 및 비소(V)의 초기 농도에 대한 제거 용량의 비교도이고,
 도4는 종래의 세륨(IV)의 산화물 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 변화에 따른 비소(III) 및 비소(V)의 제거 용량의 비교도이고,
 도5는 종래의 세륨(IV)의 산화물 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 변화에 따른 비소(III) 및 비소(V)의 제거 비율의 비교도이고,
 도6은 종래의 세륨(IV)의 산화물 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물의 비소(III) 및 비소(V)의 초기 농도의 변화에 따른 제거의 비교도이고,
 도7은 종래의 세륨(IV)의 산화물의 비소(III) 및 비소(V)의 초기 농도의 변화에 따른 제거를 나타낸 그래프이고,
 도 8은 비소 용액에서 종래의 세륨(IV)의 산화물 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 실시예의 제거 용량 비율을 나타낸 그래프이고,
 도9는 종래의 세륨(IV)의 산화물 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예의 평형 비소(III/V) 값에 대해서 비소(III) 및 (V) 모두에 대한 적재량의 비교도이고,
 도10은 종래의 세륨(IV)의 산화물 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예의 평형 시간에 대해서 비소(III) 및 (V) 모두에 대한 역 비소 제거 용량의 비교도이고,
 도11은 종래의 세륨(IV)의 산화물 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물의 불소의 초기 농도에 대한 제거 용량의 비교도이고,
 도12는 종래의 세륨(IV)의 산화물 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물의 불소의 초기 농도 대 제거된 불소 비율에 대한 비교도이고,
 도13은 종래의 세륨(IV)의 산화물 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 변화에 따른 불소의 제거 용량의 비교도이고,
 도14는 종래의 세륨(IV)의 산화물 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 변화에 따른 제타 전위의 비교도이고,
 도15는 종래의 세륨(IV)의 산화물 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물 실시예의 분말 크기 분포의 비교도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020]

본 발명은, 일반적으로 액상 스트림으로부터 비소 오염물 제거를 위한 세륨을 포함한 조성물에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 특히 지하수 및 식용수로부터 아비산염 및 비산염 형태의 비소를 제거하기 위한 세륨을 포함하는 조성물에 관한 것이다. 더욱 전형적으로, 세륨을 포함하는 조성물은 세륨(IV) 산화물이다. 아비산염 및 비산염은 ppm 또는 ppb 또는 ppb의 소량으로 존재할 수 있다. 세륨을 포함하는 조성물은 수성 액체 스트림으로부터 비소의 농도가 높거나 또는 매우 낮을 때 아비산염 및 비산염을 제거할 수 있다.

[0021]

수성 액체 스트림이 하나 또는 그 이상의 아비산염 및 비산염이 세륨을 포함하는 조성물과 함께면 아비산염 및 비산염의 하나 또는 그 이상은 물 및 다른 수성 액체 저장액으로부터, 효과 및 효율적으로 제거될 수 있는 것이 발견되었다. 세륨을 포함하는 조성물은 일반적으로 세륨(IV) 산화물 조성물 (CeO_2)을 포함한다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 결정 형태일 수 있다. 또한, 세륨(IV) 산화물 조성물은 높은 표면적을 가질 수 있다. 놀랍게도, 세륨(IV) 산화물 조성물(CeO_2)은 하기에 기술된 특이한 특성으로 인해, 이러한 특성이 하나 또는 그 이상 부재한 종래의 세륨 산화물을 포함한 제거 매체에 비교하여, 비소를 높은 제거 용량으로 포획(capture) 및 제거할 수 있는 것을 확인하였다. 더욱 구체적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물(CeO_2)은 하기에 기술된 특이한 특성으로 인해, 이러한 특성이 하나 또는 그 이상 부재한 종래의 세륨 산화물을 포함한 제거 매체에 비교하여, 아비산염

및 비산염의 하나 또는 그 이상을 높은 제거 용량으로 포획(capture) 및 제거할 수 있는 것이 추가적으로 발견되었다.

[0022] 세륨(IV) 산화물 조성물은 지지될 수도 있고, 지지되지 않을 수도 있다. 지지된 세륨(IV) 산화물 조성물은 단일 지지체 또는 복수의 지지체에 저장될 수 있다. 지지체는 알루미나, 알루미노 규산염, 이온 교환 수지, 유기 폴리머 및 접토에 대해 제한 없이 사용될 수 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 폴리머 다공성 물질에 지지 및/또는 혼합될 수도 있다. 또한, 세륨(IV) 산화물 조성물 표면의 노출은 세륨(IV) 산화물 조성물이 폴리머 다공성 물질에 지지 및/또는 혼합될 때 증가하는 것으로 믿어진다.

[0023] 본 발명에 따른 어떤 실시예(some embodiment)는 비소를 포함하는 액상 스트림과 세륨(IV) 산화물 조성물을 접촉하는 방법이다. 세륨(IV) 산화물 조성물을 비소를 포함하는 액상 스트림과 접촉하는 동안 하기의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다. (i) 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 7에서 제타 전위는 약 1mV 내지 30mV 일 수 있고; (ii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{10} 분말 사이즈는 약 0.5 μm 내지 7 μm 일 수 있고; (iii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{50} 분말 사이즈는 약 2 μm 내지 20 μm 일 수 있고 ; (iv) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{90} 분말 사이즈는 약 12 μm 내지 50 μm 일 수 있고; (v) 세륨(IV) 산화물 조성물의 결정립 크기는 약 1 nm 내지 22 nm 일 수 있고; 및(vi) 세륨(IV) 산화물 조성물의 산점 농도는 약 0.0001 산점/kg 내지 0.020 산점/kg이다. 세륨(IV) 산화물 조성물을 비소가 포함된 액상 스트림과 접촉하는 것은 비소를 포함하는 스트림으로부터 비소의 일부를 제거할 수 있다.

[0024] 본 발명에 따른 어떤 실시예(some embodiment)는 비소를 포함하는 액상 스트림과 세륨(IV) 산화물 조성물을 접촉하여 1차 레벨의 비소를 포함하는 스트림으로부터 제거하는 방법이다. 1차 레벨의 비소는 세륨(IV)의 산화물에 의해 제거된 것 보다 높을 수 있고, 세륨(IV)의 산화물은 다음의 하나 또는 그 이상이 부족하다. (i) 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 7에서 제타 전위는 약 1mV 내지 30mV 일 수 있고; (ii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{10} 분말 사이즈는 약 0.5 μm 내지 7 μm 일 수 있고; (iii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{50} 분말 사이즈는 약 2 μm 내지 20 μm 일 수 있고 ; (iv) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{90} 분말 사이즈는 약 12 μm 내지 50 μm 일 수 있고; (v) 세륨(IV) 산화물 조성물의 결정립 크기는 약 1 nm 내지 22 nm 일 수 있고; 및(vi) 세륨(IV) 산화물 조성물의 산점 농도는 약 0.0001 산점/kg 내지 0.020 산점/kg이다.

[0025] 본 발명에 따른 어떤 실시예(some embodiment)는 아비산염을 포함하는 액상 스트림과 세륨(IV) 산화물 조성물을 접촉하는 방법이다. 세륨(IV) 산화물 조성물을 비소를 포함하는 액상 스트림과 접촉하는 동안 하기의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다. (i) 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 7에서 제타 전위는 약 1mV 내지 30mV 일 수 있고; (ii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{10} 분말 사이즈는 약 0.5 μm 내지 7 μm 일 수 있고; (iii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{50} 분말 사이즈는 약 2 μm 내지 20 μm 일 수 있고 ; (iv) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{90} 분말 사이즈는 약 12 μm 내지 50 μm 일 수 있고; (v) 세륨(IV) 산화물 조성물의 결정립 크기는 약 1 nm 내지 22 nm 일 수 있고; 및(vi) 세륨(IV) 산화물 조성물의 산점 농도는 약 0.0001 산점/kg 내지 0.020 산점/kg이다. 세륨(IV) 산화물 조성물을 아비산염이 포함된 액상 스트림과 접촉하는 것은 아비산염을 포함하는 스트림으로부터 아비산염의 일부를 제거할 수 있다.

[0026] 본 발명에 따른 어떤 실시예(some embodiment)는 비산염을 포함하는 액상 스트림과 세륨(IV) 산화물 조성물을 접촉하는 방법이다. 세륨(IV) 산화물 조성물을 비소를 포함하는 액상 스트림과 접촉하는 동안 하기의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다. (i) 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 7에서 제타 전위는 약 1mV 내지 30mV 일 수 있고; (ii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{10} 분말 사이즈는 약 0.5 μm 내지 7 μm 일 수 있고; (iii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{50} 분말 사이즈는 약 2 μm 내지 20 μm 일 수 있고 ; (iv) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{90} 분말 사이즈는 약 12 μm 내지 50 μm 일 수 있고; (v) 세륨(IV) 산화물 조성물의 결정립 크기는 약 1 nm 내지 22 nm 일 수 있고; 및(vi) 세륨(IV) 산화물 조성물의 산점 농도는 약 0.0001 산점/kg 내지 0.020 산점/kg이다. 세륨(IV) 산화물 조성물을 비산염이 포함된 액상 스트림과 접촉하는 것은 비산염을 포함하는 스트림으로부터 비산염의 일부를 제거할 수 있다.

[0027] 본 발명에 따른 어떤 실시예(some embodiment)는 세륨(IV) 산화물 조성물을 1차 레벨의 비소를 갖는 액상 스트림에 주입하는 방법이다. 세륨(IV) 산화물을 비산염이 포함된 액상 스트림에 주입하는 동안, 다음의 하나 또는 그 이상이 참일 수 있다. (i) 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 7에서 제타 전위는 약 1mV 내지 30mV 일 수 있고; (ii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{10} 분말 사이즈는 약 0.5 μm 내지 7 μm 일 수 있고; (iii) 세륨(IV) 산화물

물 조성물의 D_{50} 분말 사이즈는 약 2 μm 내지 20 μm 일 수 있고 ; (iv) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{90} 분말 사이즈는 약 12 μm 내지 50 μm 일 수 있고; (v) 세륨(IV) 산화물 조성물의 결정립 크기는 약 1 nm 내지 22 nm 일 수 있고; 및(vi) 세륨(IV) 산화물 조성물의 산점 농도는 약 0.0001 산점/kg 내지 0.020 산점/kg이다. 세륨(IV) 산화물 조성물을 액상 스트림에 주입한 후에, 액상 스트림은 2차 레벨의 비소를 갖고, 1차 레벨의 비소는 2차레벨의 비소보다 크다.

[0028] 본 발명에 따른 어떤 실시예(some embodiment)는 약 0.0001 산점/kg 내지 약 0.020 산점/kg의 산점 농도를 갖는 세륨(IV) 산화물 조성물과 접촉하는 방법이다. 세륨(IV) 산화물 조성물을 비소를 포함하는 액상 스트림과 접촉하는 것은 스트림에 포함된 비소의 일부를 제거할 수 있다.

[0029] 본 발명에 따른 어떤 실시예는 장치이다. 장치는 1차 레벨의 비소를 포함하는 액상 스트림을 주입하기 위한 주입구(inlet), 주입구와 유체 소통(fluid communication)하고, 액상 스트림과 접촉하기 위한 세륨(IV) 산화물 조성물을 포함하는 접촉 챔버를 가질 수 있다. 또한, 액상 스트림은 세륨(IV) 산화물 조성물과 접촉하기 전에는 1차 레벨의 비소를 포함할 수 있고, 세륨(IV) 산화물 조성물과 접촉한 후에는 2차 레벨의 비소를 포함할 수 있다. 1차 레벨의 비소는 2차 레벨의 비소보다 오염도가 높다. 추가적으로, 장치는 2차 레벨의 비소를 포함하는 액상 스트림을 배출하기 위해 접촉 챔버와 유체 소통된 배출구를 가질 수 있다. 또한, 하기의 하나 또는 그 이상이 참일 수 있다. (i) 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 7에서 제타 전위는 약 1mV 내지 30mV 일 수 있고;(ii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{10} 분말 사이즈는 약 0.5 μm 내지 7 μm 일 수 있고; (iii) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{50} 분말 사이즈는 약 2 μm 내지 20 μm 일 수 있고 ; (iv) 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{90} 분말 사이즈는 약 12 μm 내지 50 μm 일 수 있고; (v) 세륨(IV) 산화물 조성물의 결정립 크기는 약 1 nm 내지 22 nm 일 수 있고; 및(vi) 세륨(IV) 산화물 조성물의 산점 농도는 약 0.0001 산점/kg 내지 0.020 산점/kg이다.

[0030] 어떤 실시예에서는, 비소를 포함하는 스트림은 비소(III) 및 비소(V)의 하나 또는 그 이상으로 구성된다.

[0031] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 CeO₂ 그램 당(per gram) 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당(per $\mu\text{g}/\text{L}$) 비소(III)를 약 125% 이상 더 제거하고, 세륨(IV)의 산화물은 (i)-(vi) 단계의 하나 또는 그 이상이 거짓이다.

[0032] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 CeO₂ 그램 당(per gram) 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당(per $\mu\text{g}/\text{L}$) 비소(III)를 약 150% 이상 더 제거하고, 세륨(IV)의 산화물은 (i)-(vi) 단계의 하나 또는 그 이상이 거짓이다.

[0033] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 CeO₂ 그램 당(per gram) 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당(per $\mu\text{g}/\text{L}$) 비소(III)를 약 200% 이상 더 제거하고, 세륨(IV)의 산화물은 (i)-(vi) 단계의 하나 또는 그 이상이 거짓이다.

[0034] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 CeO₂ 그램 당(per gram) 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당(per $\mu\text{g}/\text{L}$) 비소(III)를 약 400% 이상 더 제거하고, 세륨(IV)의 산화물은 (i)-(vi) 단계의 하나 또는 그 이상이 거짓이다.

[0035] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당(per $\mu\text{g}/\text{L}$) 비소 (III)를 약 125% 이상 더 제거하고, 세륨(IV)의 산화물은 (i)-(vi) 단계의 하나 또는 그 이상이 거짓이다.

[0036] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당(per $\mu\text{g}/\text{L}$) 비소 (III)를 약 150% 이상 더 제거하고, 세륨(IV)의 산화물은 (i)-(vi) 단계의 하나 또는 그 이상이 거짓이다.

[0037] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당(per $\mu\text{g}/\text{L}$) 비소 (III)를 약 205% 이상 더 제거하고, 세륨(IV)의 산화물은 (i)-(vi) 단계의 하나 또는 그 이상이 거짓이다.

[0038] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV)의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트림 내의 비소 당(per $\mu\text{g}/\text{L}$) 비소 (III)를 약 405% 이상 더 제거하고, 세륨(IV)의 산화물은 (i)-(vi) 단계의 하나 또는 그 이상이 거짓이다.

- [0039] 세륨(IV) 산화물 조성물은 평형 농도가 약 0.5 내지 5 ppb인 아비산염에서, 2.1 내지 약 6.0 mg/g의 적재량을 가질 수 있다. 이것은 동일한 평형 농도인 0.5 내지 5 ppb인 아비산염에서, 0.6 내지 약 2.0 mg/g의 적재량을 가질 수 있는 종래의 세륨(IV)의 산화물의 아비산염 적재량에서 대조된다.
- [0040] 또한, 세륨(IV) 산화물 조성물은 평형 농도가 약 0.5 내지 2.5 ppb인 비산염에서, 0.1 내지 약 0.2 mg/g의 적재량을 가질 수 있다. 이것은 동일한 평형 농도인 0.5 내지 2.5 ppb인 비산염에서, 0.03 내지 약 0.08 mg/g의 적재량을 가질 수 있는 종래의 세륨(IV)의 산화물의 아비산염 적재량에서 대조된다.
- [0041] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트립 내의 비소 당 (per $\mu\text{g}/\text{L}$) 비소 비소 (V)를 약 200% 이상 더 제거하고, 세륨(IV)의 산화물은 (i)-(vi) 단계의 하나 또는 그 이상이 거짓이다.
- [0042] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트립 내의 비소 당 (per $\mu\text{g}/\text{L}$) 비소 비소 (V)를 약 400% 이상 더 제거하고, 세륨(IV)의 산화물은 (i)-(vi) 단계의 하나 또는 그 이상이 거짓이다.
- [0043] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV) 산화물을 비소를 포함하는 스트립과 접촉하는 동안 비소를 포함하는 액상 스트립은 약 pH 4.5 내지 약 pH 9.5를 가지고, 세륨의 산화물과 비교하여 비소를 포함하는 스트립에서 CeO_2 단위 그램 당 비소를 더 제거하고, 세륨(IV)의 산화물은 (i)-(vi) 단계의 하나 또는 그 이상이 거짓이다.
- [0044] 어떤 실시예에서는, (i)은 참일 수 있다.
- [0045] 어떤 실시예에서는, (i)은 참일 수 있고, 단계 (ii)-(vi)의 하나는 거짓일 수 있고, 단계 (ii)-(vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.
- [0046] 어떤 실시예에서는, (i)은 참일 수 있고, 단계 (ii)-(vi)의 두 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (ii)-(vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.
- [0047] 어떤 실시예에서는, (i)은 참일 수 있고, 단계 (ii)-(vi)의 세 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (ii)-(vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.
- [0048] 어떤 실시예에서는, (i)은 참일 수 있고, 단계 (ii)-(vi)의 네 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (ii)-(vi)에서 이를 제외한 나머지는 참일 수 있다.
- [0049] 어떤 실시예에서는, (ii)은 참일 수 있다.
- [0050] 어떤 실시예에서는, (ii)은 참일 수 있고, 단계 (i) 및 (iii)-(vi)의 하나는 거짓일 수 있고, 단계 (i) 및 (iii)-(vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.
- [0051] 어떤 실시예에서는, (ii)은 참일 수 있고, 단계 (i) 및 (iii)-(vi)의 두 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i) 및 (iii)-(vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.
- [0052] 어떤 실시예에서는, (ii)은 참일 수 있고, 단계 (i) 및 (iii)-(vi)의 세 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i) 및 (iii)-(vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.
- [0053] 어떤 실시예에서는, (ii)은 참일 수 있고, 단계 (i) 및 (iii)-(vi)의 네 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i) 및 (iii)-(vi)에서 이를 제외한 나머지는 참일 수 있다.
- [0054] 어떤 실시예에서는, (iii)은 참일 수 있다.
- [0055] 어떤 실시예에서는, (iii)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(ii) 및 (iv)-(vi)의 하나는 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(ii) 및 (iv)-(vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.
- [0056] 어떤 실시예에서는, (iii)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(ii) 및 (iv)-(vi)의 두 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(ii) 및 (iv)-(vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.
- [0057] 어떤 실시예에서는, (iii)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(ii) 및 (iv)-(vi)의 세 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(ii) 및 (iv)-(vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.
- [0058] 어떤 실시예에서는, (iii)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(ii) 및 (iv)-(vi)의 네 조건은 거짓일 수 있고, 단계

(i)-(ii) 및 (iv)-(vi)에서 이를 제외한 나머지는 참일 수 있다.

[0059] 어떤 실시예에서는, (iv)은 참일 수 있다.

[0060] 어떤 실시예에서는, (iv)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(iii) 및 (iv)-(vi)의 하나는 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(iii) 및 (iv)-(vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.

[0061] 어떤 실시예에서는, (iv)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(iii) 및 (iv)-(vi)의 두 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(iii) 및 (iv)-(vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.

[0062] 어떤 실시예에서는, (iv)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(iii) 및 (iv)-(vi)의 세 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(iii) 및 (iv)-(vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.

[0063] 어떤 실시예에서는, (iv)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(iii) 및 (iv)-(vi)의 네 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(iii) 및 (iv)-(vi)에서 이를 제외한 나머지는 참일 수 있다.

[0064] 어떤 실시예에서는, (v)은 참일 수 있다.

[0065] 어떤 실시예에서는, (v)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(iv) 및 (vi)의 하나는 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(iv) 및 (vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.

[0066] 어떤 실시예에서는, (v)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(iv) 및 (vi)의 두 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(iv) 및 (vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.

[0067] 어떤 실시예에서는, (v)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(iv) 및 (vi)의 세 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(iv) 및 (vi)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.

[0068] 어떤 실시예에서는, (v)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(iv) 및 (vi)의 네 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(iv) 및 (vi)에서 이를 제외한 나머지는 참일 수 있다.

[0069] 어떤 실시예에서는, (vi)은 참일 수 있다.

[0070] 어떤 실시예에서는, (vi)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(v)의 하나는 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(v)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.

[0071] 어떤 실시예에서는, (vi)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(v)의 두 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(v)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.

[0072] 어떤 실시예에서는, (vi)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(v)의 세 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(v)에서 나머지의 하나 또는 그 이상은 참일 수 있다.

[0073] 어떤 실시예에서는, (vi)은 참일 수 있고, 단계 (i)-(v)의 네 조건은 거짓일 수 있고, 단계 (i)-(v)에서 이를 제외한 나머지는 참일 수 있다.

[0074] 어떤 실시예에서는, pH 7에서 제타 전위는 약 7.5mV 내지 12.5mV일 수 있다.

[0075] 어떤 실시예에서는, D_{10} 분말 사이즈는 약 1 μm 내지 3 μm 일 수 있다.

[0076] 어떤 실시예에서는, D_{50} 분말 사이즈는 약 7.5 μm 내지 10.5 μm 일 수 있다.

[0077] 어떤 실시예에서는, D_{90} 분말 사이즈는 약 20 μm 내지 30 μm 일 수 있다.

[0078] 어떤 실시예에서는, 결정립 크기는 약 7.5 nm 내지 12.5 nm 일 수 있다.

[0079] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 Ce (IV) O_2 를 약 7.5내지 약 9.5 중량%를 가질 수 있다.

[0080] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 Ce (IV) O_2 외에 희토류를 포함할 수 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV) 산화물 조성물 이외에 희토류를 약40을 초과하지 않는 조성, 약 25를 초과하지 않는 조성 및 10 중량%를 초과하지 않는 값 중에 하나의 조성을 가질 수 있다.

[0081] 이들과 다른 이점들은 여기서 포함되는 본 발명의 측면, 실시예 및 구성의 공개로부터 분명해질 것이다

[0082] 상기 어구 "적어도 하나", "하나 또는 이상" 및 "및/또는"은 접속사 및 비접속사로 사용할 수 있는 확장 가능한

표현이다. 예를 들어, "A, B 및 C의 적어도 하나", "A,B 또는 C의 하나 또는 이상" 및 "A,B 및/또는 C", "A,B 및 C의 하나 또는 이상", "A, B 또는 C의 하나 또는 이상" 및 "A, B 및/또는 C"는 A 하나, B 하나, C 하나, A 및 B 같이, A 및 C 같이, B 및 C 같이, 또는 A, B 및 C 같이를 의미한다. 상기 표현에서 A, B 및 C의 각 하나가 X, Y 및 Z와 같은 각 원소, 또는 X₁-X_n, Y₁-Y_m, 및 Z₁-Z_o와 같은 원소들의 군을 의미하는 경우, 상기 어구는 X, Y 및 Z로부터 선택되는 하나의 원소, 동일한 군(예, X₁ 및 X₂)으로부터 선택되는 원소들의 조합, 및 2종 이상의 군(예, Y₁ 및 Z_o)으로부터 선택되는 원소들의 조합을 나타낸다.

[0083] 본원에서 사용되는 용어 "a" 또는 "an"은 개체의 하나 또는 그 이상을 의미한다. 이와 같이, 상기 용어 "a" (또는 "an"), "하나 이상" 및 "적어도 하나"는 본원에서 상호교환적으로 사용가능하다. 또한, "구성하는", "포함하는" 및 "가지는"은 상호교환적으로 사용가능하다.

[0084] 본원에서 사용되는 용어 "means(수단들)"는 미국 특허법 112조 6단에 따라서 가능한 한 넓은 범위의 해석을 포함한다. 따라서, 용어 "means(수단들)"를 포함하는 청구항은 모든 구조물, 물질 또는 여기에 명시된 행동 및 이에 의한 동등물 모두를 포함한다. 또한, 구조물, 물질 또는 행동 및 이에 의한 동등물은 본 발명의 요약, 상세한 설명, 도면의 설명, 상세한 설명, 및 청구항에서 설명된 모든 것을 포함한다.

[0085] 따로 언급되지 않는다면, 모든 조성 및 함량 수준은 조성 또는 함량의 활동적인 영역(active portion)을 기준으로 하고, 불순물 즉, 상업적으로 가능한 조성 및 함량 물질에 존재하는 잔류 용매 또는 부산물에는 배타적이다.

[0086] 모든 퍼센트 함량 또는 비율은 따로 명시되지 않으면 총 중량 구성에 의해 계산된다.

[0087] 본 원에 개시된 모든 최대 숫자 제한은 각각 또는 모두가, 여기에 쓰여진 낮은 숫자 제한처럼, 대안으로 낮은 숫자 제한을 포함한다고 생각할 수 있다. 본 원에 개시된 모든 최소 숫자 제한은 각각 또는 모두가, 여기에 쓰여진 높은 숫자 제한처럼, 대안으로 높은 숫자 제한을 포함한다고 생각할 수 있다. 본 원에 개시된 모든 숫자 범위는 각각 또는 모두가, 여기에 쓰여진 좁아진 숫자 범위처럼, 넓은 숫자 범위에 포함된 좁은 숫자 범위 각각 또는 모두를 포함한다고 생각할 수 있다. 예를 들어, 약 2 내지 약 4의 표현은 약 2내지 3 범위의 정수, 약 3 내지 4 및 각각의 가능한 범위에서의 자연수(e.g., 유리수 및/또는 무리수) 전체를 포함한다. 예를 들어 약 2.1 내지 4.9, 약 2.1 내지 3.4 및 기타를 포함한다.

[0088] 이는 개시된 내용의 핵심 및 결정적인 요소를 명확히하기 위하여 개시된 범위를 상세히 기술하기 위하여 작성된 것은 아니고, 하기 제시되는 더욱 상세한 설명을 위한 안내로서, 개시된 내용에서 선택된 개념을 간소화된 형태로 제시하기 위한 것이다. 본 발명의 다른 측면, 실시예 및 구성은 상기 또는 하기 상세히 설명된 특징들을 하나, 하나 이상 또는 이들을 조합하여 사용할 수 있다. 또한, 본 발명에 개시된 모범적인 실시예에 관하여 본 원의 개별적인 측면은 개별적으로 주장될 수 있다.

[0089] 본원의 발명은 우선적으로 특정한 기능을 갖는 세륨(IV) 산화물(CeO₂)을 이용하여 액상 스트림으로부터 아비산염 및 비산염을 제거하기 위해 구상되었다. 액상 스트림은 바람직하지 않은 비소 함량을 포함하는 포함하는 식용수 및 지하수 하나 또는 그 이상일 수 있다. 또한, 이러한 액상 스트림은 예를 들면, 샘물, 강, 호수, 연못 및 습지대 유래의 물과 같은 지표수(surface water), 농업용수, 산업 공정 유래의 폐수 및 지열 유체(geothermal fluids)를 제한 없이 포함할 수 있다.

[0090] 일반적으로 세륨(IV) 산화물 조성물은 비소를 포함하는 어떤 액상 스트림을 처리하는데 사용될 수 있다. 본 발명에 의한 세륨(IV) 산화물 조성물은 특히 비소 제거를 위해 도움이 되는 여러 특성들을 가지고 있다. 비소를 포함하는 액상 스트림과 세륨(IV) 산화물 조성물을 접촉하는 것은 액상 스트림의 비소 수준을 효율적으로 낮출 수 있다. 수성 액체 스트림에 존재하는 초기 비소 레벨은 ppm 레벨, ppb 레벨 또는 1 파트 ppb보다 작은 값일 수 있다. 일반적으로 수성 액체 스트림은 약 1ppm을 초과하여 포함하지 않고, 더욱 일반적으로는 약 2.5ppm, 더욱 일반적으로는 약 1ppm, 더욱 일반적으로는 약 500ppb, 더욱 일반적으로는 약 400ppb, 더욱 일반적으로는 약 350ppb, 더욱 일반적으로는 약 300ppb, 더욱 일반적으로는 약 250ppb, 더욱 일반적으로는 약 200ppb, 더욱 일반적으로는 약 150ppb, 더욱 일반적으로는 약 100ppb, 더욱 일반적으로는 약 50ppb, 더욱 일반적으로는 약 25ppb, 더더욱 일반적으로는 약 20ppb 비소를 초과하지 않는다.

[0091] 수성 액체 스트림과 세륨(IV) 산화물 조성물을 접촉하는 것은 액상 스트림의 비소 수준을 약 75%를 초과하여 낮출 수 있다. 더욱 바람직하게, 세륨(IV) 산화물 조성물을 액상 스트림에 접촉하는 것은 액상 스트림의 비소 수위를 80% 초과하여 낮출 수 있고, 더욱 바람직하게는 85%를 초과하고, 더욱 바람직하게는 90%를 초과하고, 더욱 바람직하게는 95%를 초과하고, 더욱 바람직하게는 97.5%를 초과하고, 그리고 더더욱 바람직하게는 99.5%를

초과하여 줄일 수 있다.

[0092] 세륨(IV) 산화물 조성물은 pH 7에서의 제타 전위는 약 1mV를 초과할 수 있다. 특정 이론에 얹매이려는 것은 아니지만, 세륨(IV) 산화물 조성물의 제타 전위는 액상 스트림으로부터 비소를 제거하는데 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 전형적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물은 pH 7에서의 제타 전위는 약 5mV를 초과할 수 있다. 더욱 전형적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물은 pH 7에서의 제타 전위는 약 10mV를 초과할 수 있다. 일반적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물은 pH 7에서의 제타 전위는 약 30mV를 초과할 수 없다. 더욱 일반적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물은 pH 7에서의 제타 전위는 약 20mV를 초과할 수 없거나, 더더욱 전형적으로는 약 15mV를 초과할 수 없다. 일반적으로, pH7에서 세륨(IV) 산화물 조성물의 제타 전위는 약 30mV, 약 20mV 및 약 15mV의 하나를 초과할 수 없고, pH7에서 세륨(IV) 산화물 조성물의 제타 전위는 약 1mV, 약 5mV 및 약 10mV의 하나를 초과한다. pH7에서 세륨(IV) 산화물 조성물의 제타 전위는 대개 약 7.5 내지 약 12.5 mV의 범위이다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 상기에 기술된 제타 전위 중에 어떤 하나를 가질 수 있으며, 하기의 등전점, 표면적, 평균 기공 부피, 평균 포어 크기, 분말 크기, 결정립 크기 및 산점 수의 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다.

[0093] 일반적으로 세륨(IV) 산화물 조성물은 전형적으로 약 pH 7을 초과하는 등전점을 갖고, 더욱 일반적으로 약 pH 8을 초과하는 등전점을 갖고, 더더욱 일반적으로 약 pH 9를 초과하는 등전점을 갖는다. 하지만, 일반적으로 약 pH 12 미만의 등전점을 갖고, 더욱 일반적으로 약 pH 11 미만의 등전점을 갖고, 더더욱 일반적으로 약 pH 10 미만의 등전점을 갖는다. 등전점은 전형적으로 약 pH 8.5 내지 약 pH 10의 범위이다. 특정 이론에 얹매이려는 것은 아니지만, 세륨(IV) 산화물의 등전점은 액상 스트림으로부터 비소를 제거하는데 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 상기 기술된 등전점 중에 어떤 하나를 가질 수 있으며, 상기의 제타 전위 및 하기의 표면적, 평균 기공 부피, 평균 포어 크기, 분말 크기, 결정립 크기 및 산점 수의 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다.

[0094] 세륨(IV) 산화물 조성물은 일반적으로 약 30 내지 약 200 m^2/g 의 표면적을 가질 수 있으며, 더욱 일반적으로 약 60 내지 약 150 m^2/g , 또는 더더욱 일반적으로 약 100 내지 약 150 m^2/g 를 가질 수 있다. 전형적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물의 표면적은 약 100 내지 약 150 m^2/g 이고, 더욱 전형적으로는 약 110 내지 약 150 m^2/g 이다. 특정 이론에 얹매이려는 것은 아니지만, 세륨(IV) 산화물 조성물의 표면적은 액상 스트림으로부터 비소를 제거하는데 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 상기 기술된 표면적 중에 어떤 하나를 가질 수 있으며, 상기의 제타 전위 및 등전점 및 하기의 평균 기공 부피, 평균 포어 크기, 분말 크기, 결정립 크기 및 산점 수의 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다.

[0095] 세륨(IV) 산화물 조성물의 기공 볼륨(N_2 흡착에 의해 결정) 일반적으로 약 $0.01 \text{ cm}^3/\text{g}$ 을 초과하는 평균(평균값, 중앙값 및 최빈값)을 가지며, 더욱 일반적으로는 약 $0.1 \text{ cm}^3/\text{g}$ 을 초과하고, 더욱 일반적으로는 약 $0.2 \text{ cm}^3/\text{g}$ 을 초과하고, 하지만 일반적으로 $0.85 \text{ cm}^3/\text{g}$ 을 초과할 수 없고, 더욱 일반적으로 $0.8 \text{ cm}^3/\text{g}$ 을 초과할 수 없고, 더욱 일반적으로 $0.75 \text{ cm}^3/\text{g}$ 을 초과할 수 없고, 더욱 일반적으로 $0.65 \text{ cm}^3/\text{g}$ 을 초과할 수 없고, 더욱 일반적으로 $0.6 \text{ cm}^3/\text{g}$ 을 초과할 수 없고, 더욱 일반적으로 $0.55 \text{ cm}^3/\text{g}$ 을 초과할 수 없고, 더욱 일반적으로 $0.5 \text{ cm}^3/\text{g}$ 을 초과할 수 없고, 더더욱 일반적으로는 $0.40 \text{ cm}^3/\text{g}$ 을 초과할 수 없다. 기공의 볼륨의 범위는 약 0.3 내지 약 $0.4 \text{ cm}^3/\text{g}$, 약 0.4 초과 내지 약 $0.5 \text{ cm}^3/\text{g}$, 또는 약 0.5 초과 내지 약 $0.6 \text{ cm}^3/\text{g}$ 를 가질 수 있다. 특정 이론에 얹매이려는 것은 아니지만, 세륨(IV) 산화물 조성물의 평균 기공 부피는 액상 스트림으로부터 비소를 제거하는데 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 상기 기술된 평균 기공 부피 중에 어떤 하나를 가질 수 있으며, 상기의 제타 전위, 등전점 및 표면적, 및 하기의 평균 포어 크기, 분말 크기, 결정립 크기 및 산점 수의 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다.

[0096] 세륨(IV) 산화물 조성물의 기공 평균(평균값, 중앙값 및 최빈값) 크기(BJH 방법에 의해 결정)는 일반적으로 약 0.5 nm 를 초과하며, 더욱 일반적으로 약 1 nm 을 초과하며, 더욱 일반적으로 6 nm 을 초과하며, 하지만 일반적으로는 약 20 nm 를 초과하지 않으며, 더욱 일반적으로는 약 15 nm 를 초과하지 않으며, 더더욱 일반적으로는 약 12 nm 를 초과하지 않는다. 평균 기공 크기 범위는 약 0.5 내지 6.5 nm , 약 6.5 nm 초과 내지 약 13 nm , 또는 약 13 nm 초과 내지 약 20 nm 를 가질 수 있다. 어떤 특정 이론에 얹매이려는 것은 아니지만, 세륨(IV) 산화물 조성물의 평균 기공 크기는 액상 스트림으로부터 비소를 제거하는데 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 상기 기술된 기공 평균 크기 중에 어떤 하나를 가질 수 있으며, 상기의 제타 전위, 등전점, 표면적 및 평균

기공 부피, 및 하기의 분말 크기, 결정립 크기 및 산점 수의 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다.

[0097] 대체로 세륨(IV) 산화물 조성물은 미립자 형태이다. 전형적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물 미립자는 D_{10} 분말 크기, D_{50} 분말 크기 및 D_{90} 분말 크기 중에 하나 또는 그 이상을 가질 수 있다. 어떤 특정 이론에 얹매이려는 것은 아니지만, 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{10} 분말 크기, D_{50} 분말 크기 및 D_{90} 의 하나 또는 그 이상은 액상 스트림으로부터 비소를 제거하는데 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 상기 기술된 D_{10} , D_{50} 또는 D_{90} 분말 크기 중에 어떤 하나를 가질 수 있으며, 상기의 제타 전위, 등전점, 표면적, 평균 기공 부피 및 평균 기공 크기, 및 하기의 결정립 크기 및 산점 수의 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다.

[0098] 일반적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물 미립자의 D_{10} 분말 크기는 약 1 내지 약 3 μm 를 갖는다. 더욱 일반적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{10} 분말 크기는 약 0.05 μm 를 초과하고, 더욱 일반적으로는 약 0.5 μm 를 초과하고, 더더욱 일반적으로는 약 1 μm 를 초과한다. 하지만, 일반적으로는 약 7 μm 를 초과하지 않으며, 더욱 일반적으로는 약 5 μm 를 초과하지 않고, 더더욱 일반적으로는 약 3 μm 를 초과하지 않는다. 전형적으로, D_{10} 분말크기는 약 1 내지 약 3 μm 의 범위를 갖는다. 어떤 특정 이론에 얹매이려는 것은 아니지만, 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{10} 분말 크기는 액상 스트림으로부터 비소를 제거하는데 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 상기 기술된 D_{10} 분말 크기 중에 어떤 하나를 가질 수 있으며, 상기의 제타 전위, 등전점, 표면적, 평균 기공 부피 및 평균 기공 크기, 및 하기의 결정립 크기 및 산점 수의 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다.

[0099] 또한, 일반적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물 미립자의 D_{50} 분말 크기는 약 2 μm 를 초과하는 값을 갖고, 더욱 일반적으로는 약 4 μm 를 초과하고, 더욱 일반적으로는 약 5 μm 를 초과한다. 하지만, 일반적으로 약 20 μm 를 초과하지 않으며, 더욱 일반적으로는 약 15 μm 를 초과하지 않고, 더더욱 일반적으로는 약 12 μm 를 초과하지 않는다. 전형적으로, D_{50} 분말크기는 약 7.5 내지 약 10.5 μm 의 범위를 갖는다. 어떤 특정 이론에 얹매이려는 것은 아니지만, 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{50} 분말 크기는 액상 스트림으로부터 비소를 제거하는데 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 상기 기술된 D_{50} 분말 크기 중에 어떤 하나를 가질 수 있으며, 상기의 제타 전위, 등전점, 표면적, 평균 기공 부피 및 평균 기공 크기, 및 하기의 결정립 크기 및 산점 수의 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다.

[0100] 일반적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물 미립자의 D_{90} 분말 크기는 약 12 μm 를 초과하는 값을 갖고, 더욱 일반적으로는 약 15 μm 를 초과하고, 더욱 일반적으로는 약 20 μm 를 초과한다. 하지만, 일반적으로 약 50 μm 를 초과하지 않으며, 더욱 일반적으로는 약 40 μm 를 초과하지 않고, 더더욱 일반적으로는 약 30 μm 를 초과하지 않는다. 일반적으로, D_{90} 분말크기는 약 20 내지 약 30 μm 의 범위를 갖는다. 어떤 특정 이론에 얹매이려는 것은 아니지만, 세륨(IV) 산화물 조성물의 D_{90} 분말 크기는 액상 스트림으로부터 비소를 제거하는데 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 상기 기술된 D_{90} 분말 크기 중에 어떤 하나를 가질 수 있으며, 상기의 제타 전위, 등전점, 표면적, 평균 기공 부피 및 평균 기공 크기, 및 하기의 결정립 크기 및 산점 수의 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다.

[0101] 일반적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물의 결정립 크기는 약 1nm를 초과하는 값을 갖고, 더욱 일반적으로는 약 4nm를 초과하고, 더더욱 일반적으로는 약 7.5nm를 초과한다. 하지만, 일반적으로 약 22 nm를 초과하지 않으며, 더욱 일반적으로는 약 17 nm를 초과하지 않으며, 더더욱 일반적으로는 12.5 nm를 초과하지 않는다. 일반적으로, 결정립 크기는 약 7.5 내지 12.5 nm의 범위를 갖는다. 어떤 특정 이론에 얹매이려는 것은 아니지만, 세륨(IV) 산화물 조성물의 결정립 크기는 액상 스트림으로부터 비소를 제거하는데 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 상기에 기술된 결정립 크기 중에 어떤 하나를 가질 수 있으며, 상기의 제타 전위, 등전점, 표면적, 평균 기공 부피, 평균 기공 크기 및 분말 크기, 및 하기의 산점 수의 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다.

[0102] 일반적으로, 세륨(IV) 산화물의 제타 전위 적정(titration)에 의해 측정된 산점 수는 약 0.020 산점/kg을 초과하지 않는다. 더욱 일반적으로, 세륨(IV) 산화물은 약 0.015 산점/kg을 초과하지 않고, 더욱 일반적으로는 약 0.010 산점/kg을 초과하지 않고, 더욱 일반적으로는 약 0.005 산점/kg을 초과하지 않고, 더더욱 일반적으로는 제타 전위 적정(titration)에 의해 측정된 산점 수는 약 0.001 산점/kg을 초과하지 않는다. 또한, 더욱 일반적

으로는 세륨(IV) 산화물은 제타 전위 적정(titration)에 의해 측정된 산점 수는 약 0 내지 약 0.001 산점/kg 를 갖는다. 어떤 특정 이론에 얹매이려는 것은 아니지만, 세륨(IV) 산화물 조성물의 산점/kg은 액상 스트림으로부터 비소를 제거하는데 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 상기에 기술된 산점 수 중에 어떤 하나를 가질 수 있으며, 상기의 제타 전위, 등전점, 표면적, 평균 기공 부피, 평균 기공 크기 및 분말 크기의 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다.

[0103] 세륨(IV) 산화물 조성물에서 세륨(IV) 산화물, Ce(IV)_{0.2}의 레벨은 다양하게 변할 수 있다. 일반적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물은 약 75 중량% Ce(IV)_{0.2}를 초과하여 포함하고, 더욱 일반적으로 약 85 중량% Ce(IV)_{0.2}를 초과하고, 더욱 일반적으로 약 90 중량% Ce(IV)_{0.2} 또는 더더욱 일반적으로 약 99.5 중량% Ce(IV)_{0.2}를 초과한다.

[0104] 세륨(IV) 산화물 조성물은 세륨(IV) 산화물 외에 희토류를 포함할 수 있다. 일반적으로, 세륨(IV) 산화물을 제외한 희토류 산화물은 약 40 중량%를 초과할 수 없고, 더욱 일반적으로 약 25 중량%를 초과할 수 없고, 더더욱 일반적으로 약 10 중량%를 초과할 수 없다.

[0105] 대체로, 세륨(IV) 산화물 조성물은 비희토류 물질을 포함 할 수 있다. 일반적으로, 비희토류 물질은 약 5 중량%를 초과하여 포함될 수 없고, 더욱 일반적으로 약 2.5 중량%를 초과할 수 없고, 더욱 일반적으로 세륨(IV) 산화물 조성의 약 1 중량%를 초과할 수 없다. 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 어떤 첨가된 비희토류 물질이 없을 수도 있다. 즉, 세륨(IV) 산화물 조성물에 포함된 비희토류 물질의 수준은 전형적으로 자연 발생하는 불순물이 세륨 산화물에 존재하는 것이다. 일반적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물에 포함된 어떤 하나의 비희토류 물질은 약 4 중량%를 초과하지 않고, 더욱 일반적으로 약 2.5 중량%를 초과하지 않고, 더욱 일반적으로 약 1 중량%를 초과하지 않고, 더욱 일반적으로 약 0.5 중량%를 초과하지 않는다.

[0106] 세륨(IV) 산화물 조성물은 상기에 기술된 세륨(IV) 산화물의 중량%, 희토류 산화물의 중량% 및 세륨(IV) 산화물을 제외한 비희토류 산화물의 중량% 중에 어떤 하나 또는 그 이상을 가질 수 있으며, 상기의 제타 전위, 등전점, 표면적, 평균 기공 부피, 평균 기공 크기, 분말 크기, 결정립 크기 및 산점 수의 하나 또는 그 이상과 조합될 수 있다.

[0107] 세륨(IV) 산화물 조성물의 수용량은, 심지어 수성 액체 스트림 내의 낮은 비소 농도에서도 높을 수 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 오염물 제거 용량은 심지어 비소 농도가 150 $\mu\text{g/L}$ 를 초과하지 않을 때도, 일반적으로 약 2.5를 초과하고, 더욱 일반적으로 약 3을 초과하고, 더욱 일반적으로 약 3.5를 초과하고, 더욱 일반적으로 약 4을 초과하고, 더욱 일반적으로 약 4.5를 초과하고, 더욱 일반적으로 약 5을 초과하고, 더욱 일반적으로 약 5.5를 초과하고, 더욱 일반적으로 약 6을 초과하고, 더욱 일반적으로 약 6.5를 초과하고, 더욱 일반적으로 약 7을 초과하고, 더욱 일반적으로 약 7.5를 초과하고, 더욱 일반적으로 약 8을 초과하고, 더욱 일반적으로 약 8.5를 초과하고, 더욱 일반적으로 약 9을 초과하고, 더욱 일반적으로 약 9.5를 초과하고, 더욱 일반적으로 약 10을 초과하고, 더욱 일반적으로 약 10.5를 초과하고, 더욱 일반적으로 약 11을 초과하고, 더욱 일반적으로 약 11.5를 초과하고, 더욱 일반적으로 약 12를 초과하고, 더욱 일반적으로 약 12.5를 초과하고, 더욱 일반적으로 약 13 mg 비소/g CeO₂를 초과한다.

[0108] 일반적으로, 세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 흡착 수용량(mg/g)/물 내의 최종 비소 농도(mg/g) 비율은 약 100을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 250을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 500을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 750을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 1,000을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 1,250을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 1,500을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 1,750을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 2,000을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 2,250을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 2,500을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 2,750을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 3,000을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 3,250을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 3,500을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 3,750을 초과하며, 더욱 일반적으로는 약 4,000을 초과한다.

[0109] 어떤 특정 이론에 얹매이려는 것은 아니지만, 본 발명 및 종래의 세륨 산화물의 제타 전위, 등전점, 표면적, 평균 (평균값, 중간값 및 최빈값) 기공 부피 (N2 흡착에 의해 결정된), 평균 (평균값, 중간값 및 최빈값) 기공 크기 (BJH 방법에 의해 결정된), D10 분말 크기, D50 분말 크기, D90 분말 크기, 결정립 크기 및 산점 수/kg의 하나 또는 그 이상의 차이는 세륨(IV) 산화물 조성물 내의 반응 위치에 비소를 더 잘 접촉하게 만들고, 세륨(IV) 산화물 조성물에 의해 비소를 포함하는 액상 스트림으로부터 비소가 더 잘 제거되게 만드는 것으로 믿어진다.

- [0110] 일반적으로 비소는 액체 스트림에 용해되고, 아비산염 및 비산염 각각으로 인해 +3 및 +5의 산화 상태로 존재한다. 비산염을 제거하는 기술은 존재하고, 꽤 효과적이다. 하지만 아비산염은 현재의 기술이 꽤 효과적이지 않기 때문에 더 어려운 위치에 있다. 용해된 비소 거의 전부는 수성 액체 피드를 세륨(IV) 산화물로 처리하면 쉽게 제거가 되는 것이 발견되었고, 이를 통해 비소가 결핍된 처리 수성 액체 산출물이 나온다. 세륨(IV) 산화물 조성물을 비소를 포함하는 수성 액체 스트림과 접촉하는 동안, 비소는 세륨(IV) 산화물 조성물과 흡수 및 반응의 하나 또는 그 이상을 한다. 세륨(IV) 산화물 조성물과 비소가 흡수 및 반응의 하나 또는 그 이상을 하면서 비소를 포함하는 수성 액체 스트림으로부터 비소를 제거한다.
- [0111] 어떤 실시예에서는, 비소를 포함하는 액상 스트림은 주입구를 통하여 특정한 온도 및 압력, 대체로 상온 및 상압의 베셀로 주입되며, 이러한 비소를 포함하는 액상 스트림에 존재하는 물(water)은 액체 상태이다. 상기 베셀 안에서 비소를 포함하는 액상 스트림은 세륨(IV) 산화물 조성물과 접촉하게 된다. 세륨(IV) 산화물을 비소를 포함하는 액상 스트림과 접촉하는 동안, 비소가 세륨(IV) 산화물 조성물에 흡수 및 반응 중 하나 또는 그 이상을 하게 된다. 비소가 세륨(IV) 산화물 조성물에 흡수 및 반응 중 하나 또는 그 이상을 하는 것은 비소를 포함하는 액상 스트림으로부터 비소를 제거한다.
- [0112] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 담체 물질 상에 저장될 수 있다. 또한, 세륨(IV) 산화물은 담체 물질의 외부 및/또는 내부 표면의 하나 또는 그 이상에 저장될 수 있다. 통상의 기술자에게는 담체 물질의 내부 표면은 기공으로 여겨질 수 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 담체 물질에 결합제와 함께 또는 결합제 없이 지지될 수 있다. 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 예를 들어 슬러리 증착과 같은 종래의 어떤 기술을 사용하여 담체 물질에 지지될 수 있다.
- [0113] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 비소를 포함하는 수성 액체 스트림과 함께 슬러리로 만들어진다. 세륨(IV) 산화물 조성물 및 비소를 포함하는 액상 스트림은 슬러리로 만들어질 때 접촉하게 된다. 특정 이론에 염매이려는 것은 아니지만, 비소의 일부 그렇지 않다면 대부분 또는 전부는 비소를 포함하는 액상 스트림에 포함되어 있고, 비소를 포함하는 액상 스트림을 세륨(IV) 산화물 조성물과 슬러링 및/또는 접촉함으로써 제거된다. 세륨(IV) 산화물을 비소를 포함하는 액상 스트림과 함께 슬러링(slurring) 및/또는 접촉 후, 슬러리는 알려진 고액 분리 방법에 의해 여과 처리 된다.
- [0114] 용어 “일부(some)”는 액상 스트림에 포함된 비소를 약 50% 초과하지 않게 제거하는 것을 의미한다. 더욱 일반적으로, 용어 “일부(some)”는 약 10%를 초과하지 않게 제거하는 것, 약 20%를 초과하지 않게 제거하는 것, 약 30%를 초과하지 않게 제거하는 것 및 액상 스트림에 포함된 비소를 약 40% 초과하지 않게 제거하는 것의 하나 또는 그 이상을 의미한다. 용어 “대부분(most)”은 액상 스트림에 포함된 비소를 약 50% 초과하게 제거하면서, 약 100% 초과하지 않게 제거하는 것을 의미한다. 더욱 일반적으로, 용어 “대부분(most)”은 약 60%를 초과하여 제거하는 것, 약 70%를 초과하는 것, 약 90%를 초과하는 것 및 약 90%를 초과하면서, 약 100%를 초과하지 않게 제거하는 것 중에 하나 또는 그 이상을 의미한다. 용어 “전부(all)”는 액상 스트림에 포함된 비소를 약 100% 제거하는 것을 의미한다. 더욱 일반적으로는, 용어 “전부(all)”는 액상 스트림에 포함된 비소를 98%, 99%, 99.5% 및 99.9%를 초과하여 제거하는 것을 의미한다.
- [0115] 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 고정층(fixed bed)의 형태이다. 또한, 일반적으로 세륨(IV) 산화물의 고정층은 세륨(IV) 산화물의 세륨(IV) 산화물 입자 형태를 포함한다. 세륨(IV) 산화물 입자는 세륨(IV) 산화물 입자 표면의 최대 면적을 수성 액체 용액(aqueous liquid fluid)에 노출시키고, 배압(back-pressure)이 최소화 될 수 있는 모양(shape) 및/또는 형태(form)를 가질 수 있고, 수성 액체 용액(aqueous liquid fluid)의 유동은 고정층을 통해 이루어진다. 하지만, if desired, 세륨(IV) 산화물 입자는 예를 들어 구슬, 압출물, 다공성 폴리머 구조체 또는 모노리스와 같은 모양이 있는 모체 형태일 수 있다. 어떤 실시예에서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 단층 및/또는 상기의 구슬, 압출물, 다공성 폴리머 구조체 또는 모노리스 담체 상에 코팅으로 지지될 수 있다.
- [0116] 액상 스트림을 포함하는 비소와 세륨(IV) 산화물 조성물을 접촉하는 것은 일반적으로 약 4 내지 100°C에서 발생하며, 더욱 일반적으로는 약 5 내지 약 40°C이다. 또한, 일반적으로 액상 스트림을 포함하는 비소와 세륨(IV) 산화물 조성물을 접촉하는 것은 약 pH 1내지 약 pH 11에서 발생하며, 더욱 일반적으로는 약 pH 3내지 약 pH 9이다. 액상 스트림을 포함하는 비소와 세륨(IV) 산화물 조성물을 접촉하는 것은 일반적으로 약 1분 및 24시간을 초과하지 않는 시간의 기간 동안 발생한다.
- [0117] 본 발명의 일 실시예는 장치를 포함한다. 장치는 카트리지 및/또는 비소를 포함하는 액상 스트림을 처리하는 필터를 포함할 수 있다. 비소를 포함하는 수성 액체 스트림은 거주용 식용수 및/또는 이의 원료가 될 수 있다. 장

치는 하나 또는 그 이상의 필터링 및 카트리지 장치를 포함한다. 또한, 장치는 컨테이너를 포함할 수 있다. 필터링 및 카트리지 장치의 하나 또는 그 이상은 컨테이너 내에 위치될 수 있다. 필터 및 카트리지 장치는 식용수의 원료에 부착된 주입구, 세륨(IV) 산화물 조성물을 포함하는 필터 또는 카트리지를 포함할 수 있다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 다공성 폴리머 구조체 또는 모노리스와 같은, 고정층의 형태 또는 기판에 층상으로 증착된 형태일 수 있다. 장치는 배출구를 가질 수 있다. 어떤 실시예에서는, 카트리지 및/또는 필터 장치는 물주둥이 상에 맞을 수 있게 형성할 수 있어서, 물주둥이가 있는 물은 카트리지 또는 배분을 위한 여과장치를 지나서 배분될 수 있다. 카트리지 또는 필터 장치의 하나인 고정층은 비소에 의해 포화되면, 카트리지 또는 필터는 유사한 모양의 새로운 카트리지 또는 필터로 대체될 수 있다. 사용된 카트리지 또는 필터는 법적으로 허가된 방법으로 처리된다.

[0118] 또 다른 실시예에서는, 본 발명의 처리방법은 비소를 식용수가 가정집 또는 사업체로 배분 되기 전에 비소를 제거하기 위해 공동체 수처리 시설에 사용된다. 이러한 용기는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 큰 탱크 내에 슬러리 형태 또는 고정층으로 존재하는데, 따라서 상대적으로 많은 양의 비소를 포함한 물이 연속적 또는 배치 방식에 의해 처리될 수 있다. 상기 처리방법에 의해 존재 또는 처리된 물은 일반적으로 비소 농도가 10 ppb 미만이고, 더욱 일반적으로 5.0 ppb 미만, 그리고 선호적으로 2.0 ppb 미만이다.

[0119] 본 발명의 특성 및 목적은 하기의 예들에 추가적으로 기술하였으며, 이는 단지 본 발명의 목적을 설명하기 위해 제공되는 것 일뿐, 본 발명의 청구항에 정의된 바에 의해 본 발명이 제한되지는 않는다.

[0120] 하기 예들은 본 발명의 특정한 측면, 실시예 및 구성들을 예시하기 위하여 제공되며, 또한 본 발명과, 첨부된 청구항들을 한정하는 것으로 이해되지 않을 것이다. 달리 특정되지 않는 한 모든 부분 및 백분율은 중량 기준이다.

실시예(Example)

[0122] 세륨(IV) 산화물 조성물은 다음의 방법을 통해 준비되었다. 폐쇄되고, 교반가능한 컨테이너에 1리터 용량의 0.12 몰 세륨(IV) 암모니움 질화물 용액이 준비되었고, 상기 용액은 세륨(IV) 암모니움 질화물 결정을 질산에 용해하고, 대략 90°C에서 약 24시간 유지하였다. 또 다른 컨테이너에서 3몰의 암모니움 하이드록사이드 용액을 200ml 상온에서 준비하였다. 이후 상기 두 용액을 대략 1시간 혼합하고, 교반하였다. 이를 통한 석출 결과물을 여과 종이가 장착된 부크너 깔때기(Buckner funnel)를 통해 여과되었다. 여과된 고체는 부크너 안에서 중류수를 이용하여 완전히 세척하였다. 세척 및 여과 단계 이후에 습한 하이드레이트는 세륨(IV) 산화물 조성물을 만들기 위해, 머플로(muffle furnace)를 통해 대략 450°C에서 3시간 소성하였다. 사용된 세륨(IV) 산화물 조성물 물질은 pH 7에서의 제타 전위는 약 9.5 mV, 등전점은 약 pH 9.1, 제타 전위 적정에 의해 측정된 산점은 0.001 산점/kg, 표면적은 약 110 및 약 150 m²/g 사이, D10 분말 크기는 약 2 μm, D50 분말 크기는 약 9 μm, D90 분말 크기는 약 25 μm 및 XRD 또는 TEM에 의해 측정된 결정립 크기는 약 10 nm였다. Dxx 분말 크기는 레이저회절에 의해 측정되었고, 이는 개별의 결정립이 구성된 입자의 크기이다. 세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 흡착 특성을 테스트하기 위해 다음의 평형 등온 연구가 수행되었다. 비산염 또는 아비산염 형태의 비소를 포함하는 실험 용액은 NSF/ANSI 53 식용수 처리 부서-건강 효과 표준 문서의 섹션 7.4.1.1.3에 구체화된 NSF 53 Arsenic Removal의 준수사항을 준용하여 준비되었다. 세륨(IV) 산화물 조성물 20mg은 밀폐된 500ml 폴리에틸렌 컨테이너에 배치된 후 표 6에 나타난 비소농도를 가지는 실험 용액 500ml와 함께 슬러리화되었다. 슬러리 결과물은 컨테이너를 수 시간 동축회전 하여 동요시켰다. 동요 후에, 수도물은 0.45 micron 세척기 필터 및 봉합된 125 ml 플라스틱 샘플 병을 통해 여과하여 고상으로부터 분리되었다. 상기 병은 공인된 식용수 분석 실험실에 보내졌고, 각 액상 샘플에 대해 ICP 질량 분석이 수행되었다. 본 실험의 결과는 아래의 표 1 및 표 2에 나타내었다.

표 1

[0123]	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 비소(V) ₀ 의 초기 농도 (μg/L)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 비소(V) ₀ 의 최종 농도 (μg/L)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량 (mg As/g CeO ₂)
20	2.6	0.88	
75	19.3	2.83	
140	52	4.46	
290	156.7	6.76	
470	310	7.95	

표 2

[0124]	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 비소(III)의 초기 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 비소(III)의 최종 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량 (mg As/g CeO ₂)
	19	2	0.86
	77	2	3.81
	140	3.1	6.94
	270	232	12.52
	440	85	17.57

[0125] pH 점이 다른 조건에서 세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 흡착 특성을 테스트하기 위해 다음의 연구가 수행되었다. 비산염 또는 아비산염 형태의 비소를 포함하는 실험 용액은 NSF/ANSI 53 식용수 처리 부서-건강 효과 표준 문서의 섹션 7.4.1.1.3에 구체화된 NSF 53 Arsenic Removal의 준수사항을 준용하여 다양한 pH 점에 대해서 준비하였다. 세륨(IV) 산화물 조성물 10mg에서 20mg은 밀폐된 500ml 폴리에틸렌 컨테이너에 배치된 후 표 7 및 표 8에 표시된 바와 같이 여러 pH 점에서의 비소 농도를 가지는 실험 용액 500ml와 함께 슬러리화되었다. 슬러리 결과물은 컨테이너를 수 시간 동축회전하여 동요시켰다. 동요 후에, 수도물은 0.2 micron 세척기 필터 및 봉합된 125 ml 플라스틱 샘플 병을 통해 여과하여 고상으로부터 분리되었다. 상기 병들은 공인된 식용수 분석 실험실에 보내졌고, 각 액상 샘플에 대해 ICP 질량 분석이 수행되었다. 본 실험의 결과는 아래의 표 3 및 표 4에 나타내었다.

표 3

[0126]	물의 pH	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 비소(III)의 초기 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 비소(III)의 최종 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량 (mg As/g CeO ₂)
	2.45	140	7.5	3.27
	4.50	150	11	6.91
	6.50	140	8	7.10
	8.52	140	16	6.18
	9.54	140	84	2.80
	10.56	33	22	0.54

표 4

[0127]	물의 pH	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 비소(III)의 초기 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 비소(III)의 최종 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량 (mg As/g CeO ₂)
	2.43	130	45	4.27
	4.42	130	8	6.02
	6.43	130	7	6.21
	8.38	130	8	6.17
	9.54	130	9	6.06
	10.71	69	11	2.92

[0128] 세륨 산화물의 비소 흡착의 역학을 테스트하기 위해 다음의 연구가 수행되었다. 비산염 또는 아비산염 형태의 비소를 포함하는 실험 용액은 NSF/ANSI 53 식용수 처리 부서-건강 효과 표준 문서의 섹션 7.4.1.1.3에 구체화된 NSF 53 Arsenic Removal의 준수사항을 준용하여 다양한 pH 점에 대해서 준비하였다. 세륨 산화물 10mg은 밀폐된 500ml 폴리에틸렌 컨테이너에 배치된 후 표 9 및 표 10에 표시된 바와 같이 여러 pH 점에서의 비소 농도를 가지는 실험 용액 500ml와 함께 슬러리화되었다. 슬러리 결과물은 각 샘플을 정해진 시간 컨테이너를 동축회전하여 동요시켰다. 동요 후에, 수도물은 0.2 micron 세척기 필터 및 봉합된 125 ml 플라스틱 샘플 병을 통해 여과하여 고상으로부터 분리되었다. 상기 병들은 공인된 식용수 분석 실험실에 보내졌고, 각 액상 샘플에 대해 ICP 질량 분석이 수행되었다. 본 실험의 결과는 아래의 표 5 및 표 6에 나타내었다.

표 5

[0129]	평형시간(min)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 비소(V)의 초기 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 비소(V)의 최종 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량 (mg As/g CeO_2)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량의 역치 (mg As/g CeO_2)
	18	100	38	3.13	26.32
	34	100	27	3.76	37.04
	77	100	18	4.18	55.56
	139	100	11	4.54	90.91
	228	100	6.9	4.66	144.93
	475	100	4.1	4.99	243.90

표 6

[0130]	평형시간(min)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 비소(III)의 초기 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 비소(III)의 최종 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량 (mg As/g CeO_2)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량의 역치 (mg As/g CeO_2)
	19	87	50	1.86	20
	36	87	38	2.63	26.32
	122	87	8	3.87	125
	496	87	2	4.31	400.00

[0131] 불소를 포함하는 실험 용액은 NSF/ANSI 53 식용수 처리 부서-건강 효과 표준 문서의 섹션 7.4.1.1.3에 구체화된 NSF 53 Arsenic Removal water의 준수사항을 준용하여 준비하였다. 세륨(IV) 산화물 조성물 실시에 500mg은 밀폐된 125ml 폴리에틸렌 컨테이너에 배치된 후 표에 표시된 바와 같은 불소 농도를 가지는 실험 용액 약 50 ml와 함께 슬러리화되었다. 슬러리 결과물은 컨테이너를 수 시간 동축회전 하여 동요시켰다. 동요 후에, 수도물은 0.45 micron 세척기 필터 및 봉합된 125 ml 플라스틱 샘플 병을 통해 여과하여 고상으로부터 분리되었다. 상기 병들은 공인된 식용수 분석 실험실에 보내졌고, 각 액상 샘플에 대해 ICP 질량 분석이 수행되었다. 본 실험의 결과는 아래의 표 7에 나타내었다.

표 7

[0132]	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 불화물 초기 농도 (mg/L)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 불화물 최종 농도 (mg/L)	세륨(IV) 산화물 조성물의 불화물 제거 용량 (mg F/g CeO_2)
	1.14	0.107	0.10
	5.1	0.263	0.48
	10.7	0.713	1.00
	20.4	0.2533	1.80
	48	15.600	3.21

[0133] 불소를 포함하는 실험 용액은 NSF/ANSI 53 식용수 처리 부서-건강 효과 표준 문서의 섹션 7.4.1.1.3에 구체화된 NSF 53 Arsenic Removal water의 준수사항을 준용하여 준비하였다. 세륨(IV) 산화물 조성물 실시에 500mg은 밀폐된 125ml 폴리에틸렌 컨테이너에 배치된 후 표에 표시된 바와 같이 다른 pH점을 가지는 실험 용액 약 50 ml와 함께 슬러리화되었다. 슬러리 결과물은 컨테이너를 수 시간 동축회전 하여 동요시켰다. 동요 후에, 수도물은 0.45 micron 세척기 필터 및 봉합된 125 ml 플라스틱 샘플 병을 통해 여과하여 고상으로부터 분리되었다. 상기 병들은 공인된 식용수 분석 실험실에 보내졌고, 각 액상 샘플에 대해 ICP 질량 분석이 수행되었다. 본 실험의 결과는 아래의 표 8에 나타내었다.

표 8

물의 pH	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 불화물 최종 농도 (mg/L)	세륨(IV) 산화물 조성물의 불화물 제거 용량 (mg F/g CeO ₂)
2.53	0.167	6.82
4.53	1.300	6.45
6.47	2.227	5.10
8.63	3.133	4.22
9.46	9.200	6.06
10.5	6.050	0.95

비교례(Comparative Example)

비소를 포함하는 실험 용액은 NSF/ANSI 53 식용수 처리 부서-건강 효과 표준 문서의 섹션 7.4.1.1.3에 구체화된 NSF 53 Arsenic Removal water의 준수사항을 준용하여 준비되었다. 상업적으로 가능한 세륨(IV)의 산화물 20mg(CeO₂ 는 Ce₂(CO₃)₃ · 6H₂O을 머플로에서 2시간 소성하여 준비하였고, pH 7에서의 제타 전위는 약 16 mV, 등 전점은 약 pH 8.8, D10 분말 크기는 약 4 μm, D50 분말 크기는 약 30 μm, D90 분말 크기는 약 90 μm 및 결정립 크기는 10 nm이다.)을 밀폐된 500ml 폴리에틸렌 컨테이너에 배치한 후 표 1-8에 나타난 비소농도를 가지는 실험 용액 500ml와 함께 슬러리화되었다. 슬러리 결과물은 컨테이너를 수 시간 동축회전 하여 동요시켰다. 동요 후에, 시험 용액은 0.45 micron 세척기 필터를 이용하여 고상으로부터 분리되었다. 여과액은 125ml의 플라스틱 병에 봉해지고, 각 여과액에 존재하는 아세닉 함량을 ICP 질량 분석을 통해 수행하는 공인된 식용수 분석 실험실에 보내졌다. 본 실험의 결과는 아래의 표 9-16에 나타내었다.

표 9

세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 비소(V)의 초기 농도 (μg/L)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 비소(V)의 최종 농도 (μg/L)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량 (mg As/g CeO ₂)
19	15	0.20
78	65	0.64
190	170	1.00
290	260	1.48
480	443	1.84

표 10

세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 비소(III)의 초기 농도 (μg/L)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 비소(III)의 최종 농도 (μg/L)	종래 세륨(III)의 산화물의 비소 제거 용량 (mg As/g CeO ₂)
20	2.9	0.85
79	13	3.25
140	32	5.42
270	92	8.78
450	200	12.54

표 11

물의 pH	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 비소(V)의 초기 농도 (μg/L)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 비소(V)의 최종 농도 (μg/L)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량 (mg As/g CeO ₂)
2.45	140	39	5.15
4.50	150	12	6.89
6.50	140	46	4.75
8.52	140	110	1.50
9.54	140	127	0.67
10.56	33	25	0.38

표 12

[0140]	물의 pH	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 비소(III)의 초기 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 비소(III)의 최종 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량 (mg As/g CeO_2)
	2.43	130	22	5.26
	4.42	130	5	6.29
	6.43	130	14	5.73
	8.38	130	35	4.61
	9.54	130	61	3.50
	10.71	69	36	1.66

표 13

[0141]	평형 시간(min)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 비소(V)의 초기 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 비소(V)의 최종 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량 (mg As/g CeO_2)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량의 역치 (mg As/g CeO_2)
	19	100	95	0.25	10.56
	34	100	92	0.41	10.87
	68	100	87	0.65	11.49
	129	100	82	0.88	12.20
	222	100	76	1.21	13.16
	470	100	68	1.60	14.49

표 14

[0142]	평형 시간(min)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 비소(III)의 초기 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 비소(III)의 최종 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량 (mg As/g CeO_2)	세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거 용량의 역치 (mg As/g CeO_2)
	19	87	78	0.45	12.82
	35	87	80	0.36	12.50
	68	87	66	1.00	15.15
	122	87	59	1.47	16.95
	257	87	52	1.68	19.23
	485	87	49	1.88	20.41

표 15

[0143]	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 전 불화물 초기 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 불화물 최종 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물의 불화물 제거 용량 (mg F/g CeO_2)
	1.14	0.107	0.10
	5.1	0.263	0.48
	10.7	0.713	1.00
	20.4	0.2533	1.80
	48	15.600	3.21

표 16

[0144]	물의 pH	세륨(IV) 산화물 조성물 처리 후 불화물 최종 농도 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	세륨(IV) 산화물 조성물의 불화물 제거 용량 (mg F/g CeO_2)
	2.53	0.167	6.82
	4.53	1.300	6.45

6.47	2.227	5.10
8.63	3.133	4.22
9.46	9.200	6.06
10.5	6.050	0.95

[0145] 도 1-10을 통해 볼 수 있듯이 물에서의 모든 최종 농도에서 뛰어난 비소 제거 용량은 자명하다. 또한, 이러한 예외적인 비소 흡착 용량은 도 1-10에 나타난 바와 같이 처리 된 물에서 매우 낮은 비소 농도로 나타난다. 세륨(IV) 산화물 조성물 및 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예)의 차이는 도 1-10을 통해 독창적으로 드러난다. y -축은 수용량을 최종 비소 농도로 나눈 것이 도시된 것이고, (mg As/g material) / (mg As/L solution)을 단위로 사용하였다. 도 1은 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예)의 비소(III) 및 비소(V)에 대한 제거 용량을 나타낸 그래프이다. 종래의 세륨(IV)의 산화물의 비소(III)의 제거 용량은 비소(V) 보다 크다. 추가적으로 종래의 세륨(IV)의 산화물의 비소(III)에 대한 제거 용량은 비소(V)에 대한 것 보다 비소 초기 농도가 증가함에 따라 천천히 감소한다.

[0146] 도 2는 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물 실시예의 비소(III) 및 비소(V)에 대한 제거 용량을 나타낸 그래프이다. 종래의 세륨의 산화물(비교예)과 비교하여, 모든 초기 농도 수준에서 세륨(IV) 산화물 조성물 실시예는 비소를 더 많이 제거할 뿐만 아니라, 비소의 제거 용량 또한 종래의 세륨의 산화물과 비교하여 초기 비소 농도가 증가함에 따라 천천히 감소한다. 이것은 도 1 및 도 2의 각 선의 기울기에 나타난다.

[0147] 도 3은 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예) 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물 실시예의 비소(III) 및 비소(V)의 초기 농도에 대한 제거 용량의 비교도이다. 비소(III)에 관해서는, 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)가 세륨의 산화물과 비교하여 모든 초기 비소3 농도에서 더 많은 비율의 비소를 제거한다. 이와 유사하게, 비소(V)에서는 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)가 세륨의 산화물과 비교하여 모든 초기 비소3 농도에서 상당히 더 많은 비율의 비소를 제거한다. 추가적으로 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)는 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예)보다 초기 비소 농도가 증가함에 따라 비율의 감소가 덜하다.

[0148] 도 4는 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예) 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)의 pH 변화에 따른 비소(III) 및 비소(V)의 제거 용량의 비교도이다. 약 pH4에서의 비소(III) 및 비소(V)에 주목하면 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예) 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)은 거의 동일한 용량을 보여주고 있다. pH가 4 보다 작은 부분을 보면, 세륨(IV)의 산화물이 비소(III) 및 비소(V) 모두에 대해서 높은 용량을 가지고 있다. 하지만 pH가 4를 넘어서면 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)이 비소(III) 및 비소(V)에 대해서 높은 용량을 가진다.

[0149] 도 5는 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예) 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)의 pH 변화에 따른 비소(III) 및 비소(V)의 제거 비율의 비교도이다. 약 pH 4에서의 비소(III) 및 비소(V)에 주목하면 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예) 및 본 발명의 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)은 다시 거의 동일한 용량을 보여주고 있다. pH가 4보다 작은 부분을 보면, 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)이 비소(V)에 대해서 가장 높은 비율을 가지고지만, 비소(III)에 대해서는 가장 낮다. 그러나 pH가 4보다 클 때 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)은 제거된 비소(III)에 대해서 지속적으로 0.9보다 높게 유지된다. 비소(V)에 대해서 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)은 pH 9까지 약 0.9의 비율이고, 약 0.4까지 급격히 감소한다. 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예)은 반면에 비소(V)의 비율은 pH4에서 시작했을 때 급격히 감소하고, 비소(III)에 대해서는 pH 4부터 감소하지만 급격히 감소하지는 않는다.

[0150] 도 6은 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예의 비소(III) 및 비소(V)의 제거량을 나타낸 그래프이다. 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예는 비소(III)를 모든 농도에서 더 높은 양을 제거할 수 있고, 또한 종래의 세륨의 산화물(비교예)과 비교하여 비소(III) 및 비소(V)에 관해서 비소를 제거하는 능력은 느린 속도로 감소한다.

[0151] 도 7은 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예)의 비소(III) 및 비소(V)의 제거량을 나타낸 그래프이다. 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예)은 여전히 비소(III)를 비소(V)에 비교하여 더 효과적으로 제거하고, 종래의 세륨(IV)의 산화물은 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)과 비교하여 비소(III) 및 비소(V)를 제거하는데 덜 효율적이다. 도 7 및 도 6을 비교하면, 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)이 각각의 비소(III) 및 비소(V)에 대해서 모든 초기 농도 레벨에서 많은 양을 제거하고, 비소(III) 및 비소(V)에 대한 용량의 감소도 초기 비소 농도가 증가함에 따라 천천히 감소한다.

[0152] 도 8은 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예) 및 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)의 비소(III) 및 (V) 제거 용량

비율을 나타낸 그래프이다. 비소 (III) 및 (V) 모두에 대해서, 제거 용량은 0 및 약 5 ppb 비소 용액에서 제거 용량은 급격히 감소한다. 5ppb를 넘는 비소 농도에서는 감소는 더 느리고, 약 10 및 50 ppb에서는 거의 선형이다. 비소 (III)의 농도가 약 10 ppb이하일 때 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예) 및 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예)은 대략 2.8 및 3.8 사이이고, 50 ppb를 넘을 때 또한 여전이 약 2.4이다. 비소 (V)의 농도가 약 10 ppb이하일 때 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예) 및 종래의 세륨(IV)의 산화물(비교예)은 대략 1.6 및 3.1 사이이고, 50 ppb를 넘을 때 또한 여전이 약 1.1이다. 따라서, 세륨(IV) 산화물 조성물(실시예)은 비소 (III) 및 (V) 모두에 대해서 최소한 50 ppb를 넘는 비소 농도에서는 세륨(IV)의 산화물보다 높은 용량을 가진다.

[0153] 도9는 세륨(IV) 산화물 조성물 실시예 및 종래의 세륨(IV)의 산화물의 평형 비소(III/V) 값에 대한 비소(III) 및 (V) 모두에 대한 비교 용량을 나타낸 그래프이다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 종래의 세륨(IV)의 산화물에 대해서 비소(III) 및 (V) 모두 추월한 성능을 보인다. 비소(III)에 대해서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 평형값이 약 0.9이고, 제거 용량이 약 17에 다다를 때까지 급격한 증가를 보인다. 대조적으로, 종래의 세륨(IV)의 산화물은 0.2의 평형값에 도달하지 못하였고, 제거 용량이 약 13에 다다를 때까지 덜 급한 증가를 보인다. 비소(III)에 대해서는, 세륨(IV) 산화물 조성물은 평형값이 약 0.3이고, 제거 용량이 약 8에 다다를 때까지 덜 급격한 증가를 보인다. 대조적으로, 종래의 세륨(IV)의 산화물(실시예)은 평형값이 약 0.45이고, 제거 용량이 오직 약 2에 다다를 때까지 평평한 곡선을 보인다.

[0154] 도10은 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예 및 비교예의 시간에 대한 함수로 역 제거 용량을 나타낸 그래프이다. 세륨(IV) 산화물 조성물 실시예의 역 비소 제거 용량은 비교예의 그것보다 비소(III) 및 (V) 모두에 대해서 상당히 높다.

[0155] 도11은 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예 및 비교예의 불소의 초기 농도에 대한 불소의 제거를 나타낸다. 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예는 비교예보다 모든 초기 불소 농도에서 불소를 덜 효율적으로 제거하고, 상기 사실에도 불구하고 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예는 비소(III) 및 (V)에 대해서 탁월한 제거를 나타낸다.

[0156] 도12는 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예 및 비교예의 불소의 초기 농도 대 제거된 불소 비율에 대해 나타낸다. 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예가 비소(III) 및 (V)를 제거하는 상당히 탁월한 능력을 보였음에도 불구하고, 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예는 비교예 보다 더 적게 제거되었다.

[0157] 도13은 세륨(IV) 산화물 조성물 실시예 및 비교예의 pH 변화에 따른 불소의 제거 용량의 비교도이다. 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예는 비교예보다 pH를 함수로한 제거 능력은 pH 약 10을 제외한 모든 pH에서 효율적이지 못하다. 또 다시, 그럼에도 불구하고 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예가 대부분의 pH 수준에서 pH를 함수로 한 비소(III) 및 (V)의 개선된 결과를 보인다.

[0158] 도14는 종래의 세륨(IV)의 산화물 및 세륨(IV) 산화물 조성물의 pH 변화에 따른 제타 전위의 비교도이다. 세륨(IV) 산화물 조성물 실시예의 제타 전위는 pH 약 4에서 약 8.5까지 더 높다. pH가 8.5를 넘으면 실시예가 더 높은 제타 전위를 갖는다.

[0159] 도15는 실시예 및 비교예의 분말 크기 분포의를 보여주는 그래프이다. 실시예의 분말 크기 분포는 비교예의 그것보다 덜 균일하고, 세륨(IV) 산화물 조성물의 실시예는 비교예보다 더 작은 평균 분말 크기를 가지고 있다.

[0160] 비소 (III) 및 비소 (V) 제거 데이터는 세륨(IV) 산화물 조성물에 대해서 표 1-6에 나타내었고, 종래의 세륨(IV)의 산화물 표 9-14 및 도 1-10에 나타내었고, 이를 통해 세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 (III) 및 비소 (V)에 대해 기대된 특성이 명백하게 드러났다.

[0161] 달리 말하면, 종래에 희토류 또는/및 수 처리 화학에 대해 일반적인 지식을 가진 통상의 기술자가 본원에 의한 세륨(IV) 산화물 조성물이 액상 스트림으로부터 비소를 제거하는 것은 종래의 세륨(IV) 산화물과 다르다는 것을 기대할 수 없을 것이다. 또한, 세륨(IV) 산화물 조성물은 수성으로부터 불소를 제거하는 것도, 표 7, 8, 15 및 16 및 도 11-13에 나타난 바와 같이 종래의 세륨(IV) 산화물과 다르다. 세륨(IV) 산화물 조성물은 특히 저 레벨의 액상 스트림에서 아비산염 및 비산염에 대해 놀랍고 기대되지 않은 아비산염 및 비산염 제거 용량을 가졌다.

[0162] 이러한 놀랍고, 예상치 못한 특성은 표 1 내지 4 및 13 내지 15에 나타난 바와 같이 비소를 제거하는 것에 응용될 수 있다.

[0163] 이것에 대해 다르게 생각할 수 있는 것은 배치 계수(K)이다. $K = \text{고체에서의 [비소]} / \text{용액에서의 [비소]}$. 테이블 17 및 18에서 볼 수 있듯이, 세륨(IV) 산화물 조성물 및 세륨의 산화물이 같은 용량이라면, 1) 세륨(IV) 산화물 조성물은 매우 낮은 농도의 비소를 다룰 수 있고, 2) 표 있다 및 18에 보여지듯이, 종래의 세륨의 산화물에 의

해 얻어지는 것과 비교하면 세륨(IV) 산화물 조성물에 의해 얻는 최종 농도가 극적으로 낮을 수 있다.

[0164] 동일한 초기 동도에 대해서, 최종 농도 및 용량은 놀랍도록 다르다. 또한, 데이터가 용량에 대해서 노멀라이즈 되면, 초기 및 최종 농도는 극적으로 다르다.

[0165] 따라서, 본 원의 세륨(IV) 산화물 조성물의 비소 제거는 a) 세륨(IV) 산화물 조성물의 높은 제거 용량에 기인하여 상대적으로 적은 양의 세륨(IV) 산화물 조성물로 많은 양의 비소를 제거할 수 있고, b) 낮은 최종 비소 농도에서 뛰어난 비소 제거 용량으로 매우 낮은 비소 함량의 물이 생산될 수 있다. 어떤 특정 이론에 얹매이려는 것은 아니지만, 앞서 언급된 실시예는 본원에서 구체화된 세륨(IV) 산화물 조성물은 더욱 뛰어난 비소 제거 성능을 제공하는데 이는 물질의 독특한 특성에 기인하는 것으로 설명한다. 본 발명에 공개된 세륨(IV) 산화물 조성물의 독특한 특성이 없다면, 아비산염 또는 비산염은 세륨(IV) 산화물 조성물의 표면에서 쉽게 최대 숫자의 활성화점을 얻지 못할 것이다.

[0166] 상기 공개내용의 변수 및 변경내용의 수가 사용되어질수 있다. 상기 공개 내용의 몇 몇 특징들은 다른것들을 제공함이 없이 제공 가능하였다.

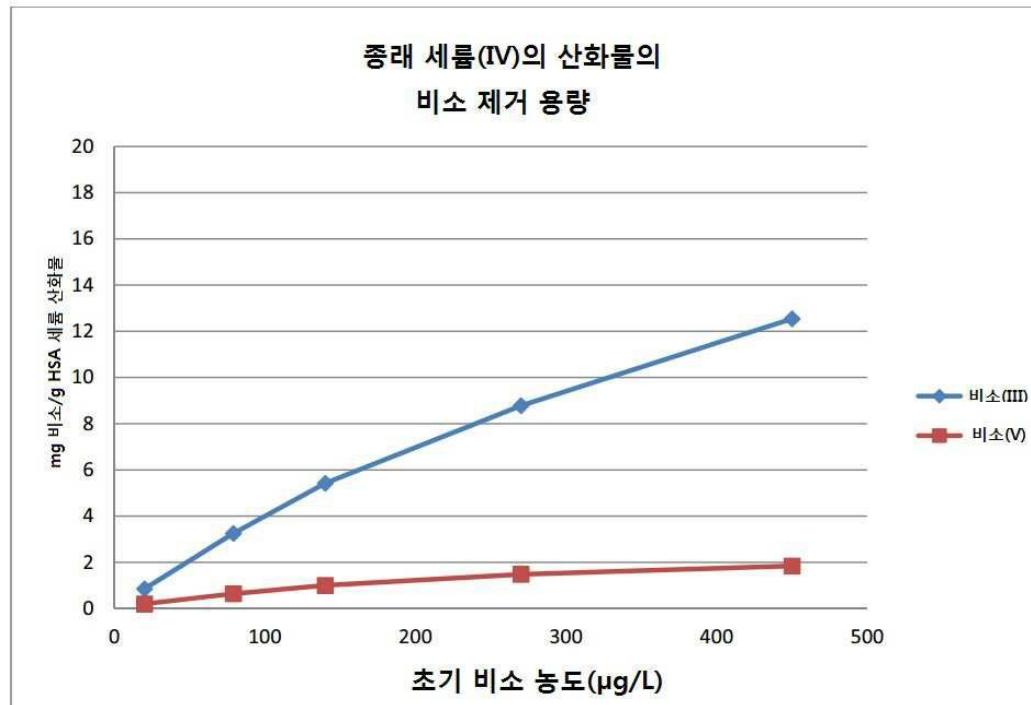
[0167] 본 발명, 다양한 측면, 실시예 및 구성은 실질적으로 본 발명에서 묘사하고 나타낸 바와 같이 부품, 방법, 과정, 시스템 및/또는 기구를 포함하며, 다양한 측면, 실시예, 구성, 교체-조합(sub-combination) 및 이의 부분 집합(subset)을 포함한다. 당업계의 당업자는 상기 제시된 내용을 이해한 후에 다양한 측면들, 측면들, 실시예 및 구성들을 이용 및 제조하는 것을 이해할 수 있을 것이다. 본 발명, 다양한 측면, 실시예, 및 구성은 업무를 개선하고, 쉽게 달성 및/또는 이행의 비용을 절감하는 것과 같은 기준의 장치 또는 과정에서 사용될 수 있는 것과 같이 이러한 항목이 없는 것을 포함하는 본 발명 또는 다양한 측면, 실시예, 및 구성에서 또는 묘사 및/또는 기재되는 것이 아닌 항목이 없는 장치 및 과정을 제공하는 것을 포함한다.

[0168] 본 발명의 상기 고찰은 실례 및 서술을 위해 제시되었다. 앞서 기재된 것은 형식 또는 본 발명의 공개된 형식에 대해 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 예를 들면, 상기 상세한 설명에서, 본 발명의 다양한 특징은 상기 서술내용을 간소화하는 목적을 위해 하나 또는 그 이상의 측면, 실시예 및 구성에서 함께 분류되었다. 상기 본 발명의 측면, 실시예 또는 구성은 상기에 기재된 것들 보다 다른 대안적인 측면, 실시예, 및 구성으로 조합될 수 있다. 상기 공개 방법은 청구된 발명이 각 청구항에 명확히 나열된 것 보다 더 많은 특징을 필요로 하는 의도를 반영하는 것과 같이 이해되지 않는다. 오히려, 하기에 청구항이 반영하는 것과 같이, 창의적인 측면이 단독으로 상기 공개된 측면, 실시예 및 구성의 모든 특징보다 적게 나열되어 있다. 따라서, 하기 청구항에 의하여 상세한 설명이 포함되며, 본 발명의 바람직한 구분된 구체예로서 각 청구항은 유효하다.

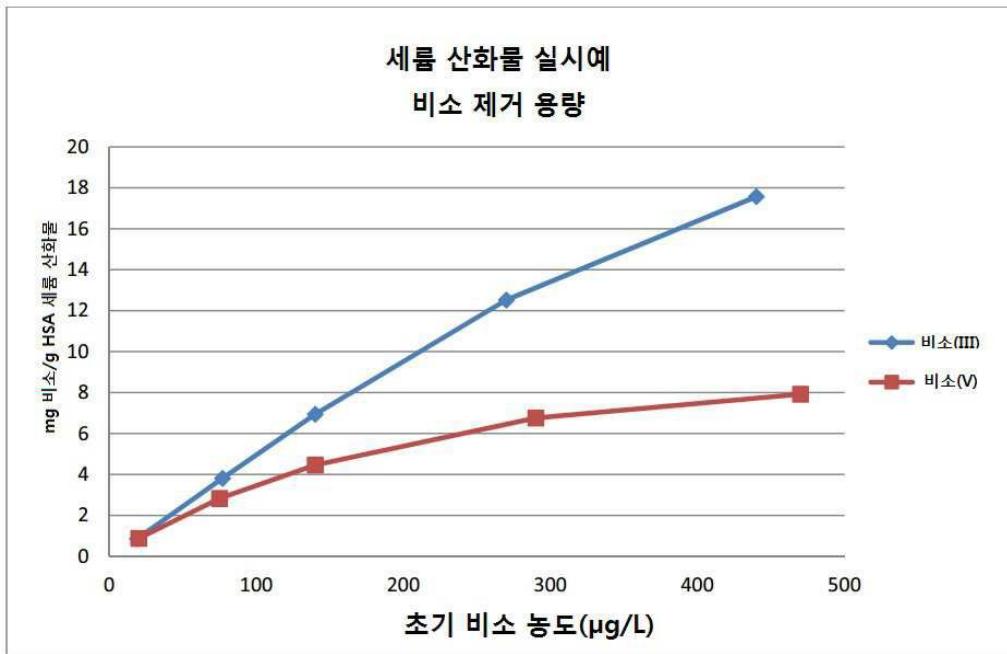
[0169] 아울러, 본 발명의 상기 서술은 하나 또는 그 이상의 측면, 실시예, 또는 구성 및 특정한 변형 및 수식 중 서술을 포함하지만, 다른 변형, 조합, 및 수정은 예를 들면, 제시된 공개를 이해한 후에 당업계의 기술 및 지식 내에 있을 수 있는 것과 같이 본 발명의 범위 안에 있다. 청구된 것들에 대한 대안적, 교체할 수 있는 및/또는 동등한 구조, 기능, 범위 또는 단계를 포함하고, 어떻든지 이러한 대안적, 교체할 수 있는 및/또는 동등한 구조, 기능 범위 또는 단계가 본 발명에 기재되었고, 어떤 특허를 받을 수 있는 주제가 공개적으로 전념되기 위함없이 허용된 정도에 대한 대안적인 측면, 실시예 및 구성을 포함하는 권리를 획득하기 위함이다.

도면

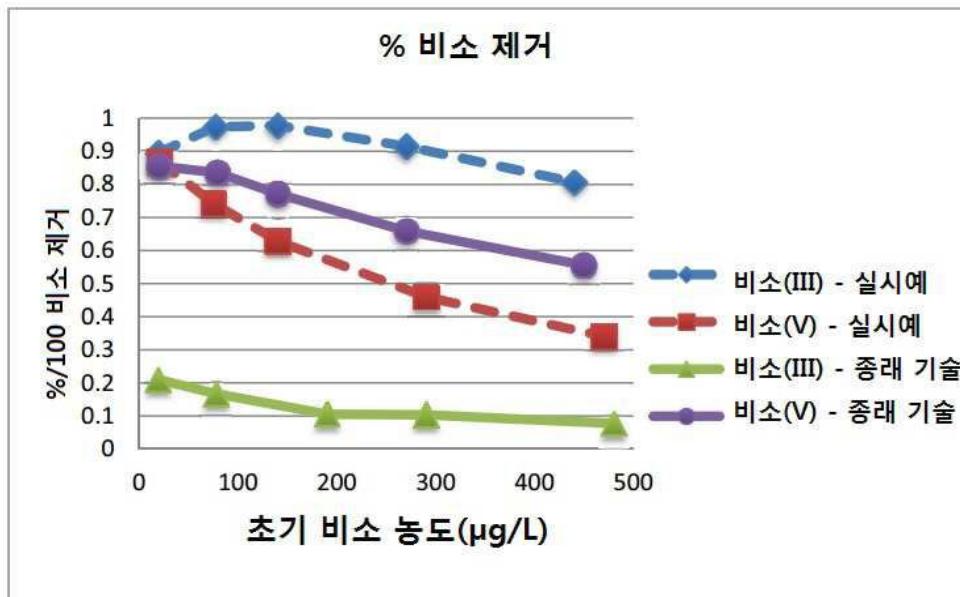
도면1



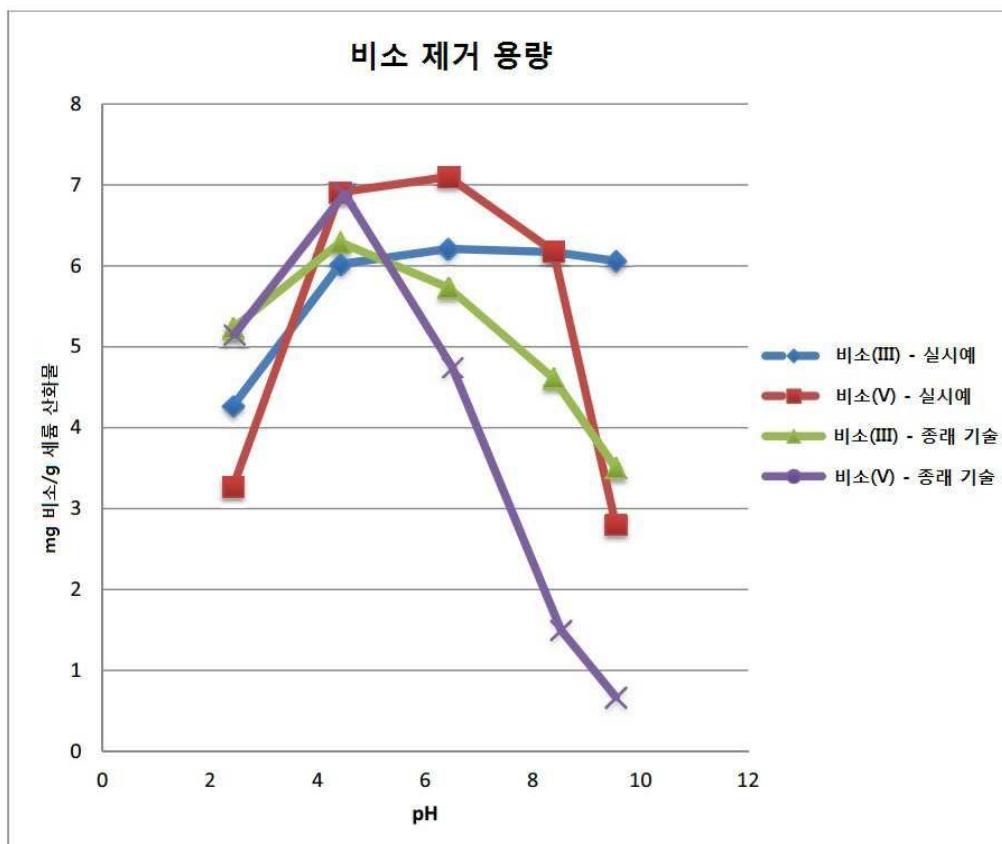
도면2



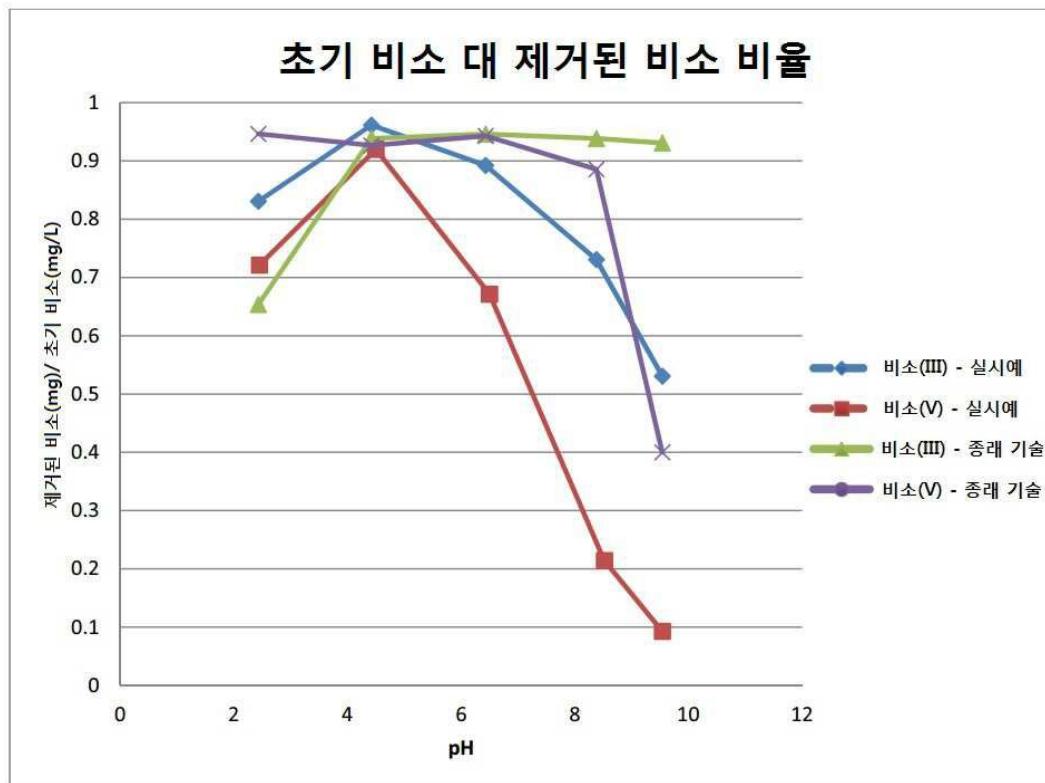
도면3



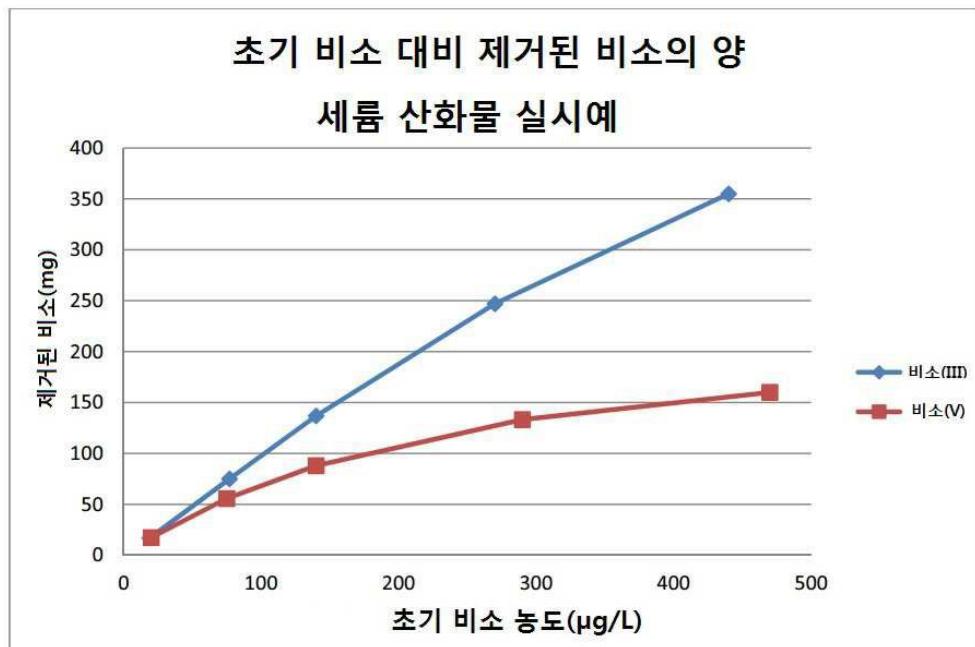
도면4



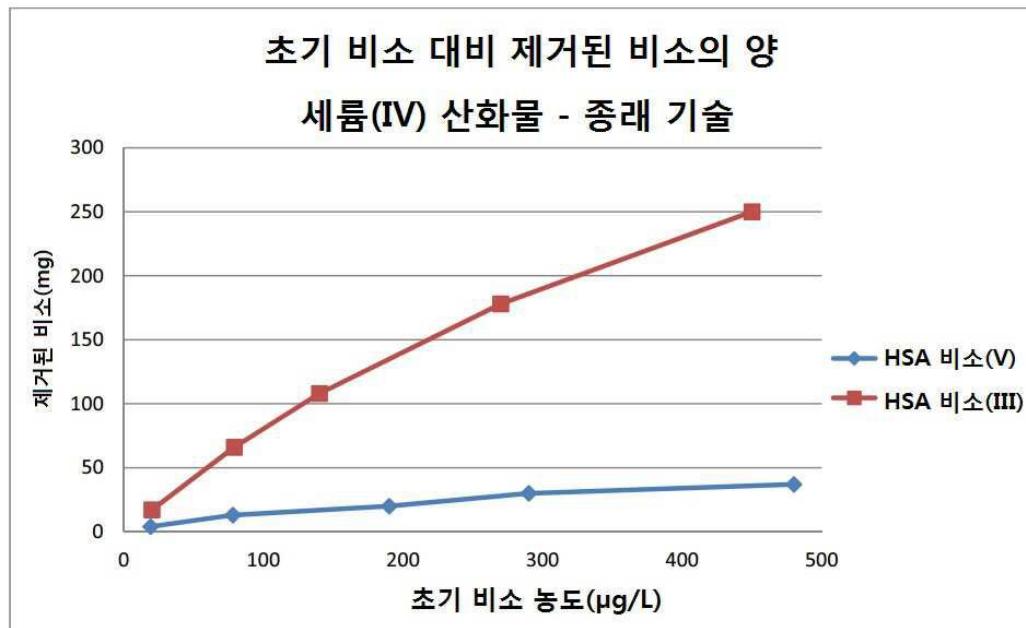
도면5



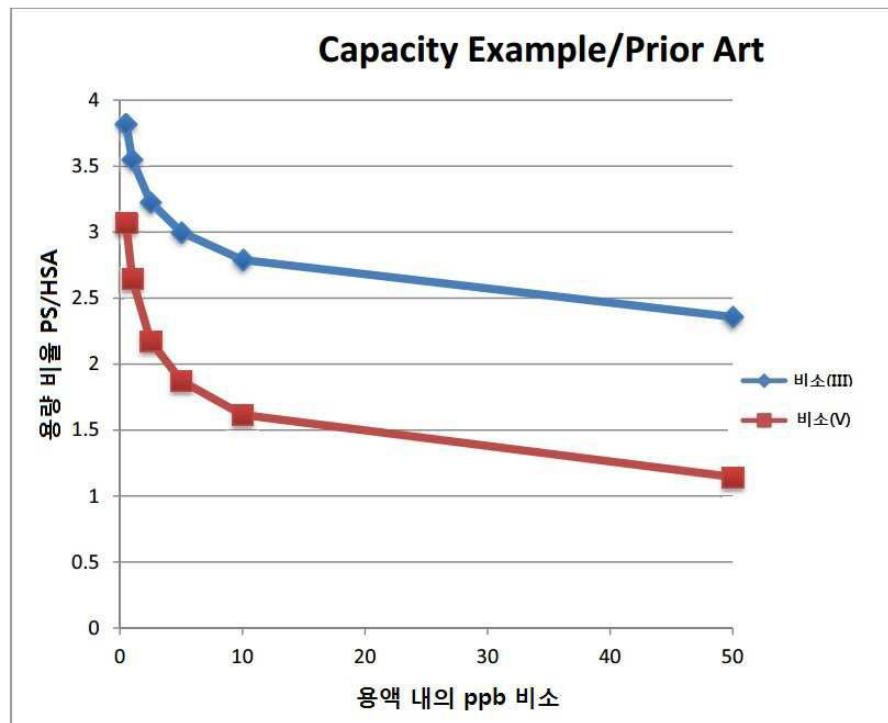
도면6



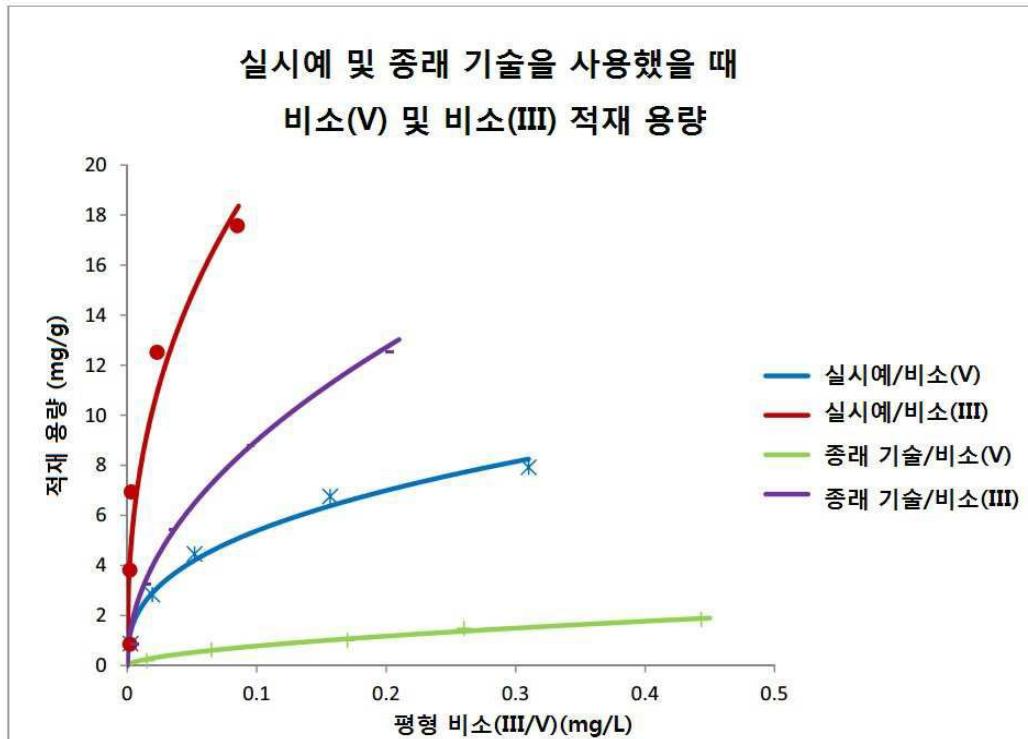
도면7



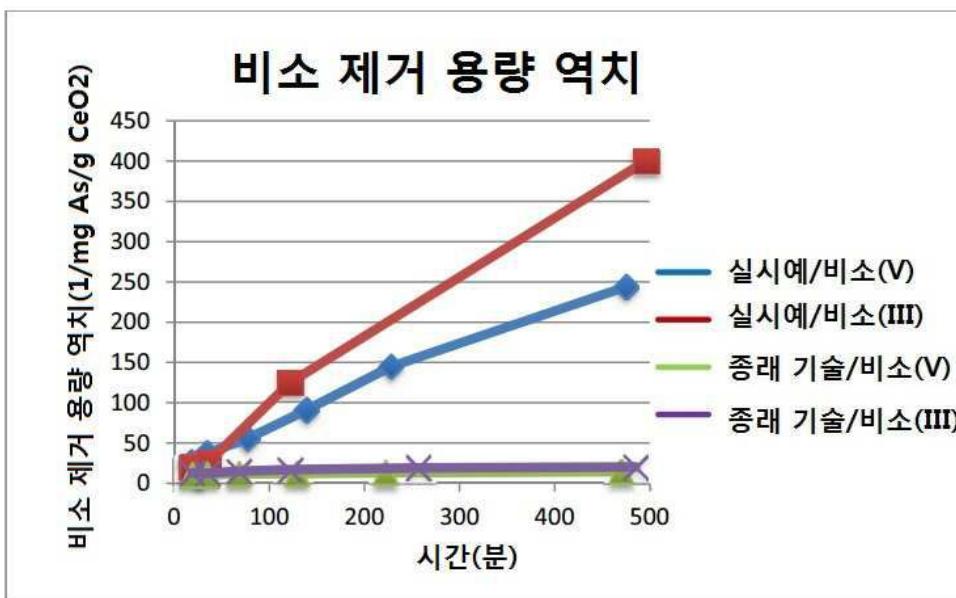
도면8



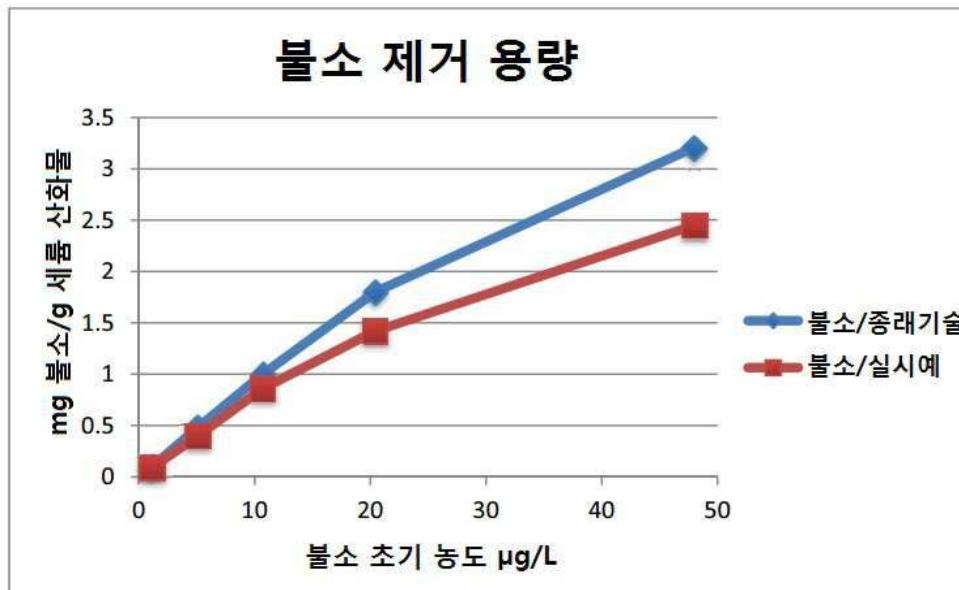
도면9



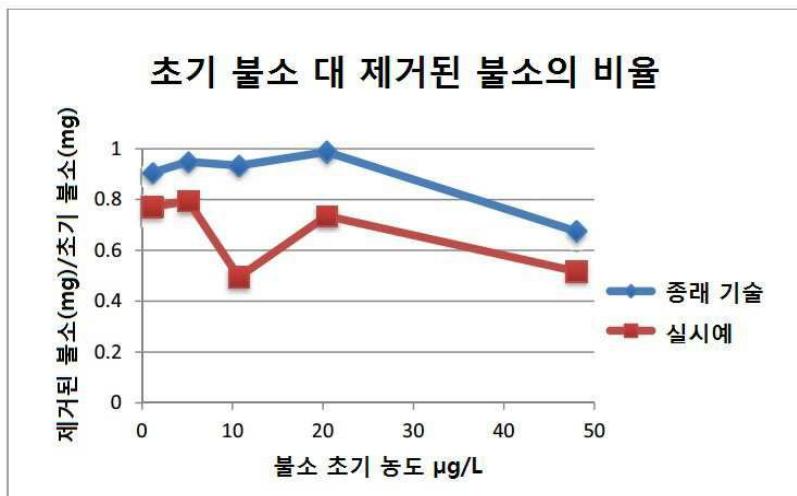
도면10



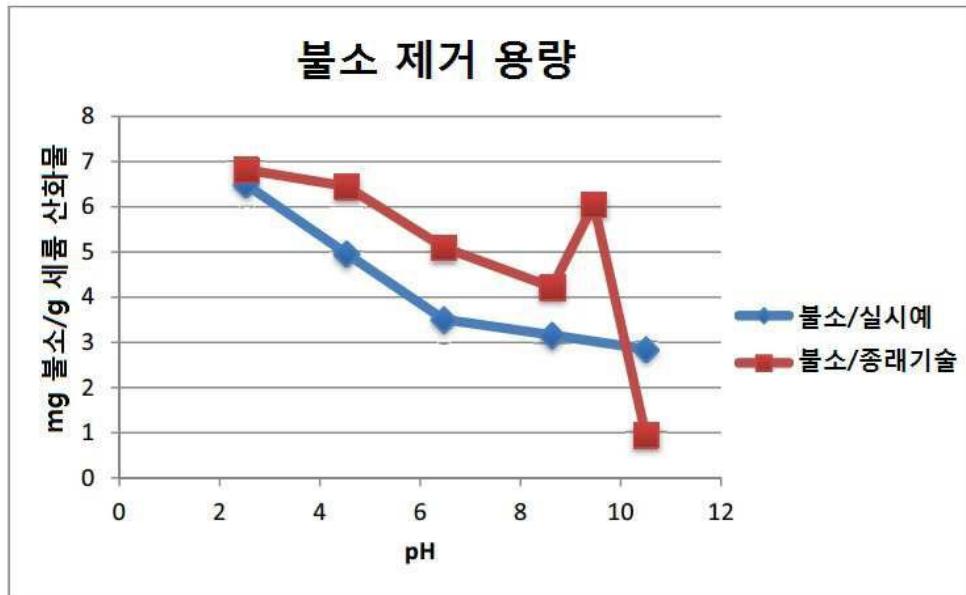
도면11



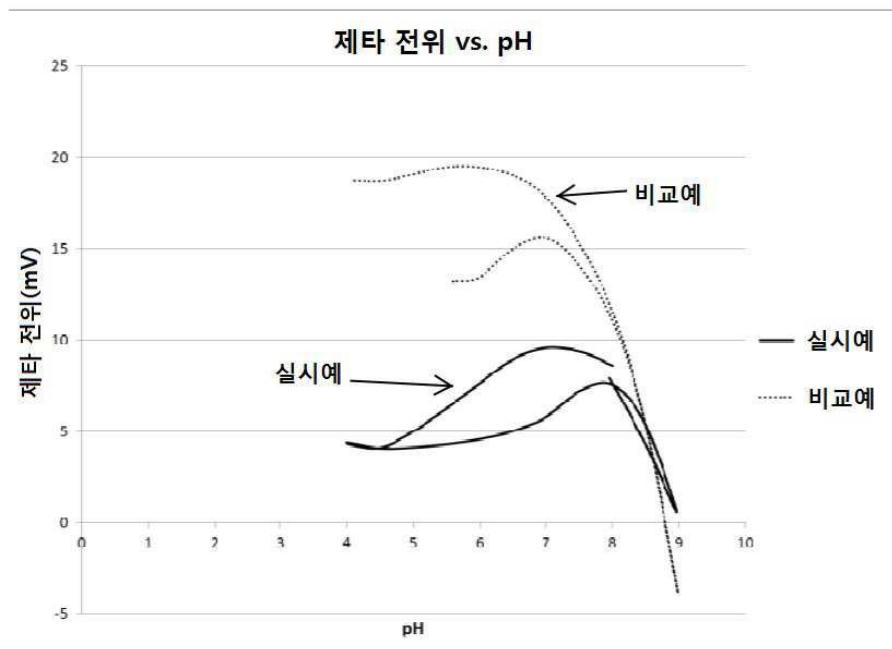
도면12



도면13



도면14



도면15

