(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0038542
(43) 공개일자 2011년04월14일

(51) Int. Cl.
C02F 1/28 (2006.01) *C02F 1/62* (2006.01)
B01J 20/30 (2006.01) *C02F 101/20* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0095866
(22) 출원일자 2009년10월08일
심사청구일자 2009년11월20일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
윤성택
서울특별시 중랑구 신내동 신내9단지아파트 910동 701호
권장순
경기도 고양시 일산동구 백석동 1241-2 백석위브 센티움 631호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 대아

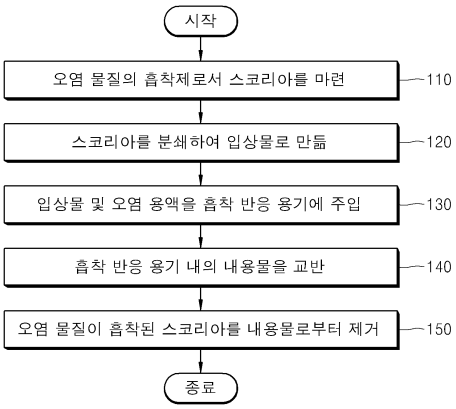
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 따른 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법은 입상물의 스코리아 및 오염 물질을 함유한 오염 용액을 흡착 반응 용기에 주입하는 단계; 상기 스코리아와 상기 오염 물질 간의 흡착 반응이 평형에 이르도록, 상기 흡착 반응 용기 내의 내용물을 교반시키는 단계; 및 상기 흡착 반응에 따라 상기 오염 물질이 흡착된 스코리아를, 상기 내용물로부터 제거하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

조호영

서울특별시 서초구 반포2동 래미안퍼스티지아파트 128동 1303호

김지형

서울특별시 송파구 문정동 올림픽훼밀리아파트 227-1001

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 09CCTI-B052733-05-000000

부처명 한국철도기술연구원

연구관리전문기관

연구사업명 연구용역

연구과제명 지하공간 유입 오염지하수 정화를 위한 환경친하적 지질복합재료 실용화

기여율

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2009년 05월 08일 ~ 2010년 09월 07일

특허청구의 범위

청구항 1

입상물의 스코리아 및 오염 물질을 함유한 오염 용액을 흡착 반응 용기에 주입하는 단계;

상기 스코리아와 상기 오염 물질 간의 흡착 반응이 평형에 이르도록, 상기 흡착 반응 용기 내의 내용물을 교반시키는 단계; 및

상기 흡착 반응에 따라 상기 오염 물질이 흡착된 스코리아를, 상기 내용물로부터 제거하는 단계

를 포함하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 오염 물질은

중금속류 또는 준금속인 비소 중 어느 하나를 포함하거나, 상기 중금속류와 상기 비소를 모두 포함하는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 스코리아의 입도는 2㎜ 이하인 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 스코리아를 분쇄하여 입상물로 만드는 단계는

상기 스코리아의 입도가 0.1 ~ 0.2㎜ 범위가 되도록, 상기 스코리아를 분쇄하여 상기 입상물로 만드는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 오염 물질에 대한 스코리아의 입도별 제거 효율을 측정하는 단계; 및

상기 측정된 입도별 제거 효율에 기초하여, 스코리아를 최적 입도의 입상물로 분쇄하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 입상물의 스코리아 또는 상기 입상물이 아닌 스코리아를 증류수를 이용하여 세척하는 단계; 및

상기 세척된 스코리아를 상온에서 건조하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

스코리아를 분쇄하여 입상물로 만드는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 흡착 반응은

상온에서 진행되는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 흡착 반응은

25ㅁ 0.2℃ 범위에서 진행되는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 흡착 반응 용기 내의 내용물을 교반시키는 단계는

상기 내용물을 100 RPM(Revolution Per Minute)으로 교반시키는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 오염 물질의 종류에 따라 상기 흡착 반응의 성능을 높일 수 있도록, 상기 흡착 반응 용기 내의 내용물의 수소이온농도(pH)를 조절하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 흡착 반응 용기 내의 내용물의 pH를 조절하는 단계는

상기 오염 물질이 중금속인 경우, 상기 내용물의 pH를 6 ~ 8 범위로 조절하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 흡착 반응 용기 내의 내용물의 pH를 조절하는 단계는

수산화나트륨(NaOH), 염산(HCL), 또는 질산(HNO_3) 중 적어도 하나를 이용하여 상기 pH를 조절하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 오염 물질이 중금속인 경우,

상기 중금속의 제거율은 알칼리 환경에서 상기 중금속의 침전에 의해 증가되고,

상기 오염 물질이 3가 비소인 경우,

상기 3가 비소의 제거율은 상기 침전에 따른 중금속 침전물과 함께 발생하는 공침에 의해 증가되는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 15

오염 물질의 흡착제로서 스코리아를 마련하는 단계; 및

상기 스코리아를 이용한 흡착 반응을 통하여, 상기 오염 물질을 함유한 오염 용액에서 상기 오염 물질을 제거하는 단계

를 포함하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 오염 물질을 제거하는 단계는

상기 스코리아를 분쇄하여 입상물로 만드는 단계;

상기 입상물의 스코리아 및 상기 오염 용액을 흡착 반응 용기에 주입하는 단계;

상기 스코리아와 상기 오염 물질 간의 흡착 반응이 평형에 이르도록, 상기 흡착 반응 용기 내의 내용물을 교반시키는 단계; 및

상기 흡착 반응에 따라 상기 오염 물질이 흡착된 스코리아를, 상기 내용물로부터 제거하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 17

오염 물질에 대한 스코리아의 입도별 제거 효율을 측정하는 단계;

상기 측정된 입도별 제거 효율에 기초하여, 상기 스코리아를 최적 입도의 입상물로 분쇄하는 단계; 및

상기 입상물의 스코리아를 이용한 흡착 반응을 통하여, 상기 오염 물질을 함유한 오염 용액에서 상기 오염 물질을 제거하는 단계

를 포함하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 오염 물질에 대한 스코리아의 입도별 제거 효율을 측정하는 단계는

0.1㎜ 미만, 0.1 ~ 0.2㎜, 0.2 ~ 0.5㎜, 및 0.5 ~ 2.0㎜ 범위의 입도를 가지는 스코리아 각각을 분쇄 시료로서 마련하는 단계; 및

상기 각각의 분쇄 시료에 대한 상기 오염 물질의 제거 효율을 측정하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 스코리아를 최적 입도의 입상물로 분쇄하는 단계는

상기 각각의 분쇄 시료 중 상기 측정된 입도별 제거 효율이 가장 높은 분쇄 시료의 입도를 최적 입도로서 선정하는 단계; 및

상기 선정된 최적 입도로 상기 스코리아를 분쇄하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예들은 입상 스코리아(scoria)를 이용하여 복합 오염수 중의 비소와 2가 중금속을 동시에 제거하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 급속한 산업 발전과 인류 문명의 발달은 다양한 인간의 생산 활동을 통하여 인류의 생활을 풍요롭게 하였으나, 그로 인한 환경오염 문제는 지속적으로 급증하고 있는 추세이다. 특히, 산업화와 도시화에 따르는 오ㅇ폐수의 배출량 증가로 인하여 수질 오염은 나날이 가속화되고 있다.

[0003] 수질오염 인자 중에서도 가장 위험한 독성물질로 여겨지는 중금속과 비소에 대한 관심이 고조되고 있는데, 각종 오폐수에 흔히 수반되는 중금속과 비소 이온들은 수중 생태계 및 인간에 치명적인 독성을 지니며 심각한 환경 문제를 야기하는 잠재적 오염 물질이기 때문이다. 이에, 중금속류와 비소를 함유하는 각종 폐기물의 처리 및 처분 문제는 환경 기술 분야에서 대단히 중요한 업무로 대두되고 있다.

[0004] 수중 환경으로의 중금속과 비소의 배출원은 산업 폐수, 도시 하수, 광산 배수, 농약 살포 등이며, 산업체 중에서도 도금 공장이나 제련, 피혁, 안료 및 제약업체 등에서 다량으로 배출되고 있다. 따라서, 이러한 배출수 내 중금속과 비소의 오염 농도를 기준치 이하로 낮추기 위한 다양한 기술의 개발이 매우 활발하다.

[0005] 중금속을 제거하기 위한 물리화학적 처리 기법으로는 화학적 침전법, 산화/환원법, 용매추출법, 희석법, 흡착법, 투석법, 여과법, 응집법, 삼투법, 이온 교환법 등이 있는데, 이 중에서도 이온 교환 반응이나 물리화학적 흡착 반응을 활용하는 흡착법은 다른 방식에 비해 저렴한 처리 비용과 함께 슬러지(sludge)의 발생량도 비교적 적어 매우 효율적인 오염 물질 제거 방법으로 알려져 있다.

[0006] 중금속 제거를 위한 흡착법의 성공적인 적용을 위해서는 무엇보다도 기술적 측면이나 경제성의 관점에서 적절한 흡착제를 선택하는 것이 중요하다. 현재 활성탄을 비롯하여 실리카겔, 활성알루미나 등이 흡착제로서 널리 각광을 받고 있으나, 이들은 고가의 가격으로 인하여 제한적으로 활용되고 있는 실정이다. 따라서, 오늘날 흡착제 개발과 관련한 다양한 연구 개발은 값이 싸면서도 흡착능이 훌륭한 무기/유기 흡착제를 개발하거나 발견하는데 역점을 두고 있다.

[0007] 이럼에도 그동안 흡착제 개발 연구는 대부분 개별 오염 물질의 제거에만 국한되어 있으며, 또한 여러 상용 흡착제와의 비교 평가 및 제거 기작 규명과 같은 기본적인 사항을 간과함으로써 그 응용성을 제대로 평가하기 힘든 실정이었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0008] 본 발명의 일 실시예는 스코리아(scoria)를 흡착제로서 사용하여 복합적으로 오염된 다양한 물속의 비소와 2가 중금속류(납, 구리, 카드뮴, 아연 등)를 동시에 효과적, 비용경제적, 친환경적으로 제거할 수 있는 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법을 제공한다.

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제(들)은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결수단

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법은 스코리아를 분쇄하여 입상물로 만드는 단계; 상기 입상물의 스코리아 및 오염 물질을 함유한 오염 용액을 흡착 반응 용기에 주입하는 단계; 상기 스코리아와 상기 오염 물질 간의 흡착 반응이 평형에 이르도록, 상기 흡착 반응 용기 내의 내용물을 교반시키는 단계; 및 상기 흡착 반응에 따라 상기 오염 물질이 흡착된 스코리아를, 상기 내용물로부터 제거하는 단계를 포함한다.

[0011] 본 발명의 다른 실시예에 따른 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법은 오염 물질의 흡착제로서 스코리아를 마련하는 단계; 및 상기 스코리아를 이용한 흡착 반응을 통하여, 상기 오염 물질을 함유한 오염 용액에서 상기 오염 물질을 제거하는 단계를 포함한다.

[0012] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법은 오염 물질에 대한 스코리아의 입도별 제거 효율을 측정하는 단계; 상기 측정된 입도별 제거 효율에 기초하여, 상기 스코리아를 최적 입도의 입상물로 분쇄하는 단계; 및 상기 입상물의 스코리아를 이용한 흡착 반응을 통하여, 상기 오염 물질을 함유한 오염 용액에서 상기 오염 물질을 제거하는 단계를 포함한다.

[0013] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 첨부 도면들에 포함되어 있다.

[0014] 본 발명의 이점 및/또는 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는도면과 함께 상세하게 후술되어 있는

실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

효 과

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 스코리아(scoria)를 흡착제로서 사용하여 복합적으로 오염된 다양한 물속의 비소와 2가 중금속류(납, 구리, 카드뮴, 아연 등)를 동시에 효과적, 비용경제적, 친환경적으로 제거할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0016] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법을 설명하기 위해 도시한 흐름도이다.

[0018] 도 1을 참조하면, 단계(110)에서는 오염 물질의 흡착제로서 스코리아(scoria)를 마련한다. 여기서, 상기 오염 물질은 준금속인 비소, 2가 중금속류(납: Pb, 구리: Cu, 카드뮴: Cd, 아연: Zn) 등을 포함한다.

[0019] 참고로, 상기 단계(110)을 수행하기 전에, 증류수를 이용하여 상기 스코리아를 세척하고, 상기 세척된 스코리아를 상온에서 건조한 후, 데시케이터(desiccator) 내에 보관하는 것이 바람직하다.

[0020] 다음으로, 단계(120)에서는 상기 스코리아를 분쇄하여 입상물로 만든다. 이때, 상기 스코리아의 입도가 2㎜ 이하가 되도록, 상기 스코리아를 분쇄할 수 있는데, 최적의 입도로 상기 스코리아를 분쇄하기 위하여, 상기 단계(120)을 수행하기 전에 다음의 과정을 수행할 수 있다.

[0021] 먼저, 상기 오염 물질에 대한 스코리아의 입도별 제거 효율을 측정할 수 있다. 즉, 0.1㎜ 미만, 0.1 ~ 0.2㎜, 0.2 ~ 0.5㎜, 및 0.5 ~ 2.0㎜ 범위의 입도를 가지는 스코리아 각각을 분쇄 시료로서 마련하고, 상기 각각의 분쇄 시료에 대한 상기 오염 물질의 제거 효율을 측정할 수 있다.

[0022] 이어서, 상기 측정된 입도별 제거 효율에 기초하여, 상기 스코리아를 최적 입도의 입상물로 분쇄할 수 있다. 즉, 상기 각각의 분쇄 시료 중에서, 상기 측정된 입도별 제거 효율이 가장 높은 분쇄 시료의 입도를 상기 최적의 입도로서 선정하고, 상기 선정된 최적의 입도로 상기 스코리아를 분쇄할 수 있다.

[0023] 여기서, 상기 최적 입도는 0.1 ~ 0.2㎜ 범위인 것이 바람직하다. 따라서, 상기 스코리아의입상물이 상기 최적 입도인 0.1 ~ 0.2㎜ 범위가 되도록, 상기 스코리아를 분쇄하는 것이 바람직하다.

[0024] 다음으로, 단계(130)에서는 상기 입상물의 스코리아 및 상기 오염 물질을 함유한 오염 용액을, 흡착 반응 용기에 주입한다. 즉, 상기 입상물의 스코리아를 상기 흡착 반응 용기에 넣은 후에, 상기 오염 용액을 상기 흡착 반응 용기 내에 주입한다.

[0025] 여기서, 상기 오염 용액은 비소와 2가의 중금속 용액을 포함한다. 2가의 중금속(납, 구리, 아연, 카드뮴) 용액은 질산염 형태의 시료를 사용하고, 3가 비소의 경우 $AsNaO_2$ 시료의 용해를 통해 준비될 수 있다.

[0026] 이때, 단일종의 오염 물질뿐만 아니라, 복합적으로 오염된 다양한 물을 일정 비율로 섞어서(복합 오염수) 상기 흡착 반응 용기에 주입할 수 있다.

[0027] 다음으로, 단계(140)에서는 상기 흡착 반응 용기 내의 내용물을 교반시킨다. 여기서, 상기 흡착 반응은 상온에서 진행될 수 있으며, 바람직하게는 25ㅁ 0.2℃ 범위에서 진행될 수 있다.

[0028] 이때, 상기 흡착 반응 용기 내의 내용물을 100 RPM(Revolution Per Minute)으로 교반시킴으로써, 상기 스코리아와 상기 오염 물질 간의 흡착 반응이 평형에 이르도록 할 수 있다.

[0029] 여기서, 상기 온도 범위나 교반 속도는 위와 같은 수치로 한정되지 않고 당업자가 적절히 조절할 수 있다.

[0030] 또한, 상기 오염 물질의 종류에 따라 상기 흡착 반응의 성능을 높일 수 있도록, 상기 흡착 반응 용기 내의 내용물의 수소이온농도(pH)를 조절할 수 있다. 이를 위해, 수산화나트륨(NaOH), 염산(HCL), 또는 질산(HNO3) 중 적어도 하나를, 상기 흡착 반응 용기 내의 내용물에 넣어서 상기 pH를 조절할 수 있다.

[0031] 이때, 상기 오염 물질이 중금속인 경우, 상기 흡착 반응 용기 내의 내용물의 pH를 6 ~ 8 범위로 조절하는 것이 바람직하다. 이로써, 상기 스코리아와 상기 중금속 간의 흡착 반응의 성능을 높일 수 있게 된다.

[0032] 다음으로, 단계(150)에서는 상기 흡착 반응에 따라 상기 오염 물질이 흡착된 스코리아를, 상기 내용물로부터 제거한다. 이에 따라, 오염수 중의 상기 오염 물질, 즉 비소와 2가 중금속류를 동시에 제거할 수 있게 된다.

[0033] 이때, 상기 오염 물질이 중금속인 경우, 양이온 교환 반응을 통해 상기 중금속이 상기 스코리아에 흡착되면, 상기 스코리아를 상기 내용물로부터 제거할 수 있다. 상기 중금속의 제거율은 알칼리성 환경에서 상기 중금속의 침전에 의해 증가될 수 있다.

[0034] 또한, 상기 오염 물질이 5가 비소인 경우, 상기 스코리아 내 부구성광물인 적철석의 표면에 상기 5가 비소가 흡착되면, 상기 스코리아를 상기 내용물로부터 제거할 수 있다.

[0035] 한편, 상기 오염 물질이 3가 비소인 경우, 상기 3가 비소는 상기 스코리아 내 부구성광물인 적철석을 통해 산화될 수 있다. 상기 3가 비소의 제거율은 알칼리성 환경에서 상기 중금속의 침전에 따른 중금속 침전물과 함께 발생하는 공침에 의해 증가될 수 있다.

[0036] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 사용되는 스코리아의 X-선 회절분석 결과를 나타낸 그래프이다. 여기서, 1은 감람석, 2는 휘석, 3은 사장석, 4는 적철석을 나타낸다.

[0037] 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 스코리아를 X-선 회절분석한 결과, 상기 스코리아의 광물 조성은 휘석, 각섬석, 사장석, 적철석으로 이루어져 있는 것을 알 수 있다. 또한, 상기 스코리아는 다공질의 화산쇄설암으로서 일차 규산염광물(사장석, 휘석 등) 외에 철산화물의 기질과 풍화반응에 의한 소량의 점토광물을 포함한다.

[0038] 아래의 표 1은 X-선 형광분석을 통한 스코리아의 화학 조성을 보여준다.

[0039]

	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	FeO^1	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	MnO	P_2O_5	$L.O.I.^2$	Total
화학 조성(wt.%)												
스코리아	48.02	15.18	2.41	12.24	7.84	8.66	2.67	1.36	0.15	0.46	1.05	100.04

FeO^1 = FeO + Fe_2O_3

$L.O.I.^2$ = loss of weight on ignition (작열감량)

[0040] 이하에서는 '(1) 흡착제 입도의 영향'을 시작으로 하여, '(2) 중금속 및 비소 흡착', '(3) 제거기작', '(4) pH의 영향', '(5) 복합 오염수에서의 비소 및 중금속 동시 제거', '(6) 활성탄과의 흡착 제거능 비교'에 대해 차례대로 기술하기로 한다.

[0041] **(1) 흡착제 입도의 영향**

[0042] 흡착에 있어 흡착제 입도의 영향을 파악하고자 4종류의 입도별 스코리아 시료를 준비하였다.

[0043] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 흡착제인 스코리아의 입도가 아연의 흡착에 미치는 영향을 나타낸 그래프이다. 여기서, 흡착 반응 결과는 반응 시간에 따른 제거율로 표시되어 있다.

[0044] 도 3의 시험 조건은 다음과 같다.

[0045] 온도: 25℃,

[0046] 아연 초기 농도: 20mM,

[0047] pH: 3.0,

[0048] 스코리아의 양:3g,

[0049] 아연 용액 부피: 30mL,

[0050] 고액비율: 10mL/g

[0051] 도 3에 도시된 바와 같이, 입자의 크기가 작을수록 표면적은 반비례하여 증가하기 때문에 입도가 작을수록 제거율이 높아짐을 확인할 수 있다. 또한, 반응 12시간 후에 거의 평형에 도달하였다. 0.1 ~ 0.2mm 크기의 입

도를 가지는 스코리아의 흡착능은 그보다 작은 0.1㎜ 미만 크기의 입도를 가지는 스코리아와 비교한 결과, 그 차이가 거의 나타나지 않았다. 따라서, 0.1 ~ 0.2㎜ 입도의 스코리아가 가장 효율적인 최적의 입도 크기임을 알 수 있다.

[0052] **(2) 중금속 및 비소 흡착**

[0053] 스코리아를 이용한 중금속 및 비소의 흡착량과 제거율을 비평형 실험을 통하여 측정하였다. 0.1 ~ 0.2㎜ 입도의 스코리아 3g를 초기농도 1mM, pH 5의 50mL 용액에 주입 후 하루 동안 반응시키며 시간별로 농도 분석을 실시하였다.

[0054] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 스코리아를 사용하여 비소 및 2가 중금속을 각각 흡착 반응시킨 결과를 나타낸 그래프이다.

[0055] 도 4의 시험 조건은 다음과 같다.

[0056] 초기농도: 1mM,

[0057] 입도: 0.1 ~ 0.2㎜,

[0058] 고액비율: 50mL/3g,

[0059] 온도: 25℃

[0060] 도 4에 도시된 바와 같이, 스코리아의 중금속 흡착은 반응 초기 2시간 동안 빠르게 진행되었으며 서서히 증가하다가 평형에 도달하였다. 이는 흡착이 반응 초기 스코리아 표면을 중심으로 빠르게 진행됨을 나타낸다.

[0061] 24시간 반응 후의 납, 구리, 아연, 카드뮴의 제거효율은 각각 94, 70, 63, 59%으로 관찰되었으며, 이러한 흡착량의 차이는 금속종들의 용액 내 서로 다른 수화이온반경 및 전기음성도 차에 의해 기인한 것이다.

[0062] 3가 비소의 경우, 반응 초기 12%까지 제거율이 급격히 상승하다가 24시간 후에는 약 14%까지 제거율이 시간에 따라 서서히 증가하였다. 실험상 1mM이라는 매우 높은 농도를 사용하여 비록 제거 효율이 낮게 관찰되는 것으로 보이나 비소의 흡착 제거 가능성을 충분히 확인할 수 있다.

[0063] **(3) 제거기작**

[0064] 스코리아의 비소 및 중금속 제거기작을 이해하기 위해 용출양이온들의 농도 또한 분석하였다. 증류수를 이용한 스코리아의 용출 시험에서는 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨이 0.5mg/L 미만으로 거의 용출이 관찰되지 않았으나, 중금속 흡착 시험에서는 24, 6, 3, 3mg/L의 농도의 용출을 확인할 수 있었다.

[0065] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 스코리아의 비소 및 2가 중금속의 비평형 흡착 시험 동안 흡착된 중금속 및 비소의 농도에 용출된 양이온 농도의 합(칼슘+마그네슘+나트륨+칼륨)을 대비시킨 그래프이다.

[0066] 도 5에 도시된 바와 같이, 중금속 흡착의 경우 1:1 선형의 관계를 잘 보여주며, 이는 스코리아에 대한 중금속 흡착이 '양이온 교환반응'에 의해 나타남을 지시한다.

[0067] 비소의 경우 스코리아 부구성광물인 적철석의 표면에 중성의 3가 비소 화학종(H_3AsO_3)의 흡착과 3가 비소가 적철석에 의해 산화되어 산소음이온으로 존재하는 5가 비소가 반응 pH에서 양의 전하를 띄는 적철석의 표면에 수착된다.

[0068] **(4) pH의 영향**

[0069] pH는 금속의 흡착에 있어 가장 영향을 미치는 인자 중 하나이다. 본 발명의 실시예에서는 pH를 3에서 10까지 조절하며 스코리아 및 적철석(비소만)의 중금속 및 비소의 흡착 특성을 관찰하였다.

[0070] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 pH에 따른 비소 및 2가 중금속의 흡착 제거율을 나타낸 그래프이고, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 흡착제를 사용하지 않고 pH별 비소 및 중금속의 침전 제거율을 나타낸 그래프이다.

[0071] 먼저 도 6에 도시된 바와 같이, 알칼리 환경에서 중금속의 높은 제거율이 관찰되며, 비소의 제거율은 pH에 의해 영향을 거의 받지 않고 일정하다. 특히 구리, 아연, 카드뮴은 각각 pH 6, 7, 8에서 급격하게 그 제거율이 증가하는 것을 알 수 있다.

[0072] 이어서 도 7을 참조하면, 도 6에서와 마찬가지로 pH 6, 7, 8에서 구리, 아연, 카드뮴의 침전 제거율이 급격하

게 증가하는 것으로 나타난다. 이는 중금속이 알칼리 환경에서 수산화이온기와 반응하여 침전물을 형성하기 때문이다.

[0073] **(5) 복합오염수에서의 비소 및 중금속 동시제거**

[0074] 복합 오염수에서의 비소 및 중금속 동시 제거 실험을 위해 0.1mM, 0.5mM, 1.0mM의 복합 오염수를 제작하고, 각각 pH 3, 5, 7에서 스코리아를 이용하여 흡착 시험을 실시하였다.

[0075] 도 8 내지 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따라 다양한 조건하에서의 스코리아에 의한 비소 및 중금속의 제거율을 나타낸 그래프이다.

[0076] 도 8 내지 도 12의 시험 조건은 다음과 같다.

[0077] 입도: 0.1 ~ 0.2㎜,

[0078] 온도: 25℃,

[0079] 흡착 반응 시간: 24시간,

[0080] 고액비율: 50mL/3g

[0081] 도 8 내지 도 12에 도시된 바와 같이, 모든 오염 물질은 pH가 증가함에 따라 그 제거율이 증가하며, 제거율은 납>구리>아연=카드뮴>비소 순으로, 단일 성분계의 시험 결과와 일치한다. 1mM 농도의 복합성분계에서의 시험 결과를 단일성분계에서와 비교하면, 납과 구리는 다른 오염 물질의 경쟁 흡착의 영향을 거의 받지 않지만, 아연과 카드뮴은 그 제거율이 약 12% 정도 감소한다. 이는 가흡착영역을 납과 구리가 먼저 점유했기 때문이다.

[0082] 그러나, 3가 비소의 경우 복합성분계에서의 시험 결과와 단일성분계에서의 시험 결과를 비교하면, 복합성분계에서의 흡착 제거율이 단일성분계에서의 흡착 제거율보다 약 30% 이상 상승한 것을 알 수 있다. 이는 알칼리 조건하, 고농도의 복합성분시험에서 중금속 침전이 발생할 때 비소가 같이 공침에 의해서 함께 제거되기 때문이다.

[0083] **(6) 활성탄과의 흡착제거능 비교**

[0084] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따라 상업용 분말활성탄(<0.03㎜)과 스코리아(0.1-0.2㎜)의 중금속 흡착제거능을 비교한 그래프이다.

[0085] 도 13의 시험 조건은 다음과 같다.

[0086] 상업용 분말활성탄의 입도: 0.03㎜ 미만,

[0087] 스코리아의 입도: 0.1 ~ 0.2㎜

[0088] 도 13에 도시된 바와 같이, 준비된 스코리아 시료의 입도가 분말활성탄에 비해 크지만, 모든 중금속의 제거에 있어 분말활성탄보다 그 제거효율이 높음을 확인할 수 있다. 이는 스코리아가 경제적임과 동시에 효율적인 흡착제가 될 수 있음을 시사한다.

[0089] 지금까지 본 발명에 따른 구체적인 실시예에 관하여 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서는 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허 청구의 범위뿐 아니라 이 특허 청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

[0090] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 이는 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명 사상은 아래에 기재된 특허청구범위에 의해서만 파악되어야 하고, 이의 균등 또는 등가적 변형 모두는 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0091] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 입상 스코리아를 이용한 복합 오염수 중의 비소 및 2가 중금속 동시 제거 방법을 설명하기 위해 도시한 흐름도이다.

[0092] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 사용되는 스코리아의 X-선 회절분석 결과를 나타낸 그래프이다.

[0093] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 흡착제인 스코리아의 입도가 아연의 흡착에 미치는 영향을 나타낸 그래프이다.

[0094] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 스코리아를 사용하여 비소 및 2가 중금속을 각각 흡착 반응시킨 결과를 나타낸 그래프이다.

[0095] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 스코리아의 비소 및 2가 중금속의 비평형 흡착 시험 동안 흡착된 중금속 및 비소의 농도에 용출된 양이온 농도의 합을 대비시킨 그래프이다.

[0096] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 pH에 따른 비소 및 2가 중금속의 흡착 제거율을 나타낸 그래프이다.

[0097] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 흡착제를 사용하지 않고 pH별 비소 및 중금속의 침전 제거율을 나타낸 그래프이다.

[0098] 도 8 내지 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따라 다양한 조건하에서의 스코리아에 의한 비소 및 중금속의 제거율을 나타낸 그래프이다.

[0099] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따라 상업용 분말활성탄과 스코리아의 중금속 흡착제거능을 비교한 그래프이다.

[0100] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

[0101] 110: 스코리아 마련

[0102] 120: 스코리아 분쇄

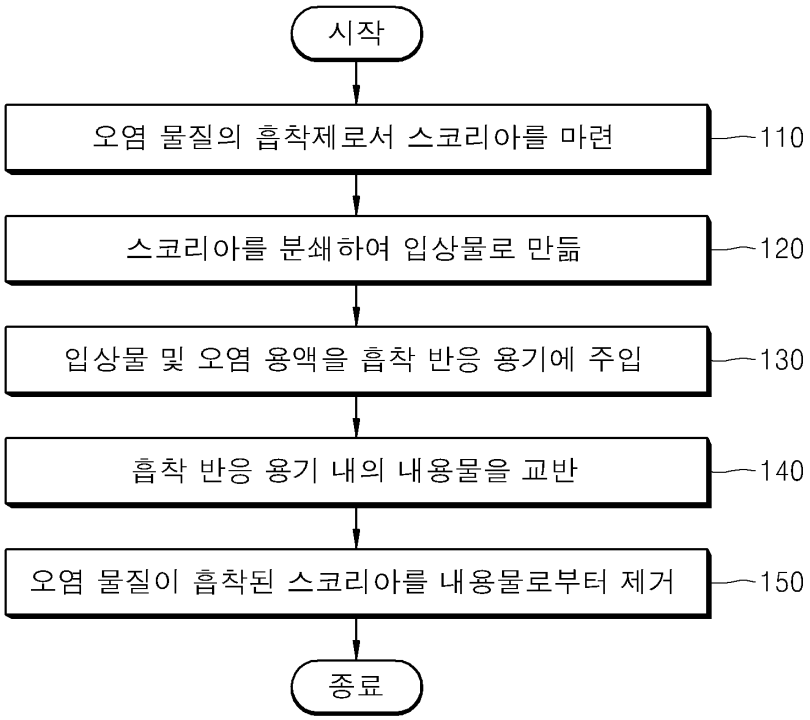
[0103] 130: 입상물 및 오염 용액 주입

[0104] 140: 내용물 교반

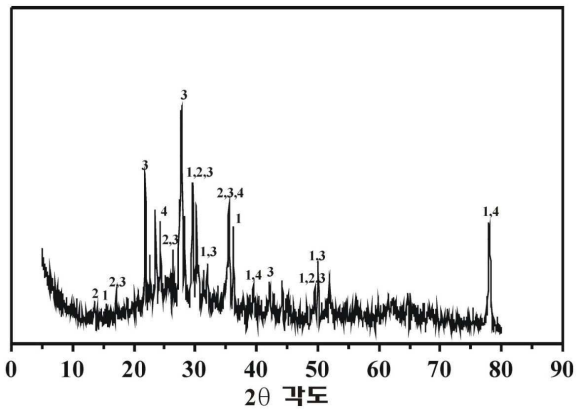
[0105] 150: 스코리아 제거

도면

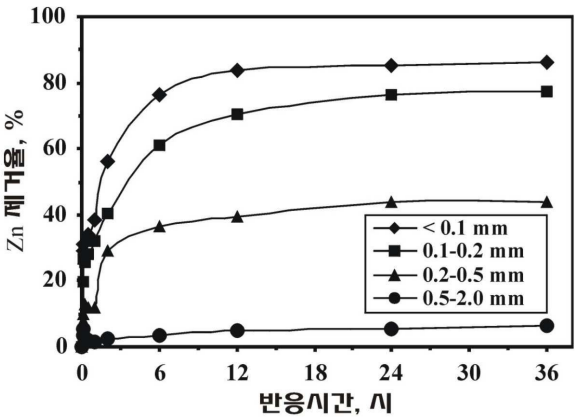
도면1



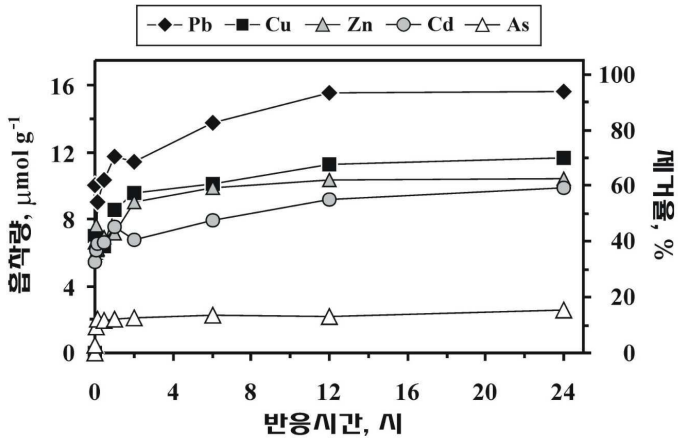
도면2


3
3
1,2,3
2,3,4
4
1
2,3
1,3
1,4
3
1,3
1,2,3
2,3
2
1
1,4
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
2θ 각도

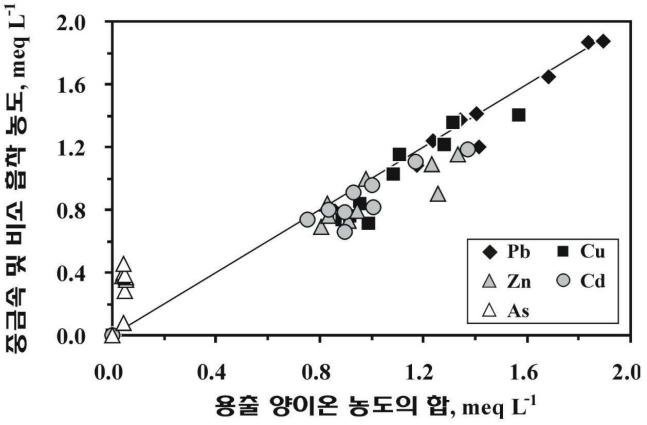
도면3


100
80
60
40
20
0
Zn 제거율, %
< 0.1 mm
0.1-0.2 mm
0.2-0.5 mm
0.5-2.0 mm
0
6
12
18
24
30
36
반응시간, 시

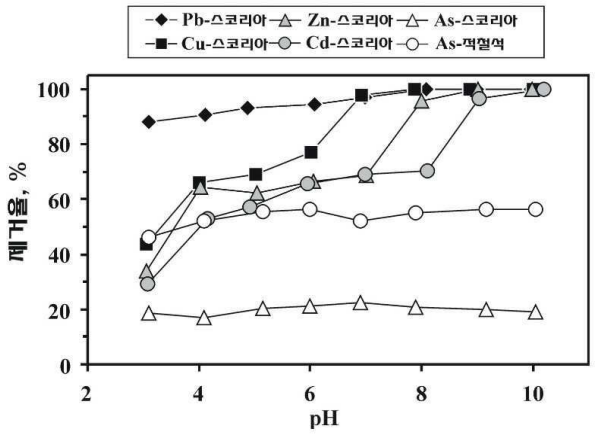
도면4


Pb
Cu
Zn
Cd
As
16
12
8
4
0
흡착량, μmol g-1
100
80
60
40
20
0
제거율, %
0
4
8
12
16
20
24
반응시간, 시

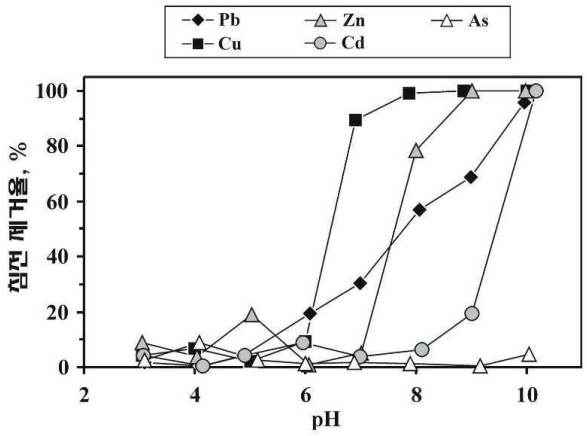
도면5


중금속 및 비소 흡착 농도, meq L-1
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
0.0
0.4
0.8
1.2
1.6
2.0
용출 양이온 농도의 합, meq L-1
Pb
Cu
Zn
Cd
As

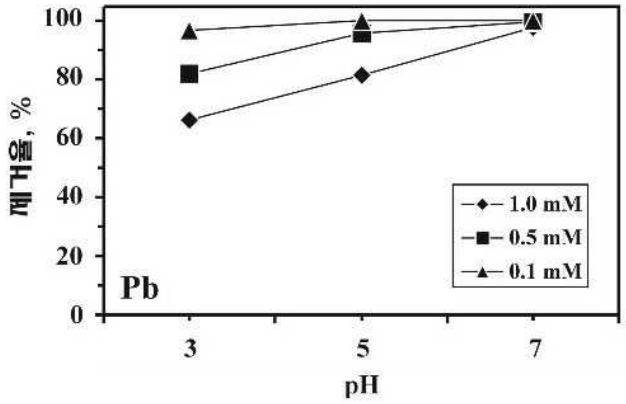
도면6


Pb-스코리아
Zn-스코리아
As-스코리아
Cu-스코리아
Cd-스코리아
As-적철석
제거율, %
100
80
60
40
20
0
2
4
6
8
10
pH

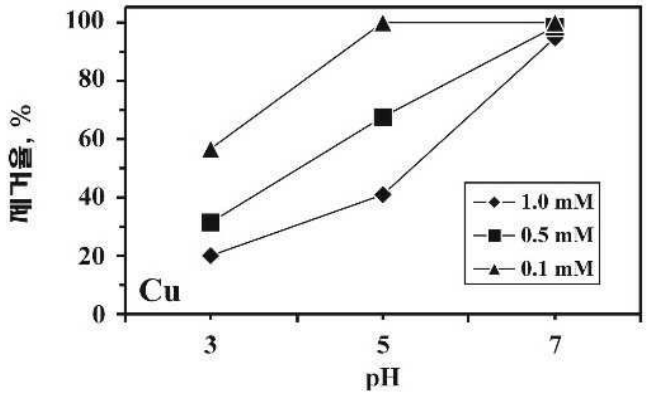
도면7


Pb
Zn
As
Cu
Cd
침전 제거율, %
100
80
60
40
20
0
2
4
6
8
10
pH

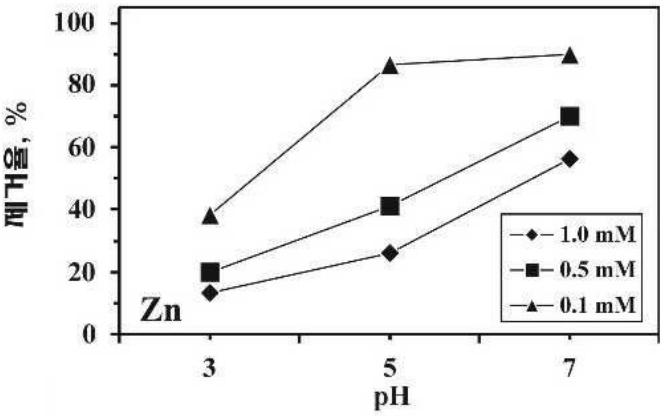
도면8


100
80
60
40
20
0
제거율, %
Pb
1.0 mM
0.5 mM
0.1 mM
3
5
7
pH

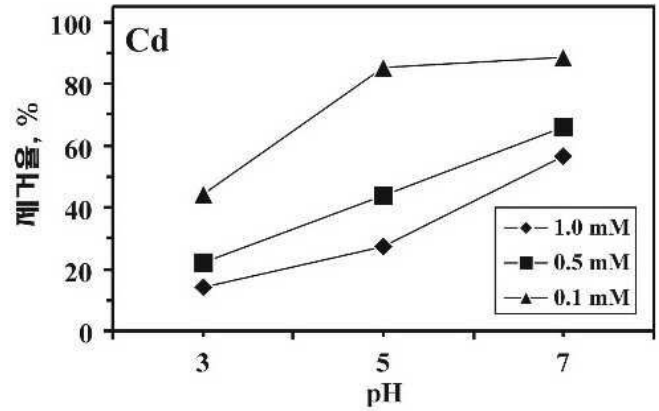
도면9


100
80
60
40
20
0
제거율, %
Cu
1.0 mM
0.5 mM
0.1 mM
3
5
7
pH

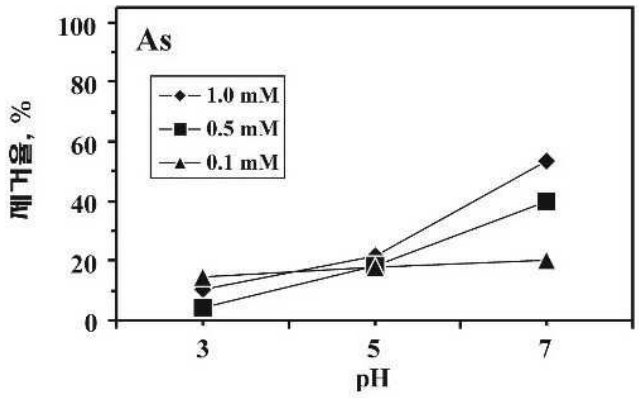
도면10


100
80
60
40
20
0
제거율, %
Zn
1.0 mM
0.5 mM
0.1 mM
3
5
7
pH

도면11



도면12



도면13

